



SKRIPSI – ME141501

**STUDI PEMANFAATAN ALUMINIUM SEBAGAI ANODA UNTUK ENERGI
LISTRIK ALTERNATIF TENAGA AIR LAUT PADA PENERANGAN KAPAL
NELAYAN**

Zakaria
NRP. 04211240000012

Dosen Pembimbing
Juniarko Prananda, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME141501

***STUDY OF APPLICATION OF ALUMINUM AS ANODE FOR ENERGY
ALTERNATIVES ELECTRIC POWER OF SEAWATER AT FISHING VESSEL
LIGHTING***

Zakaria
NRP. 04211240000012

Supervisor
Juniarko Prananda, ST., MT.

*DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PEMANFAATAN ALUMINIUM SEBAGAI ANODA UNTUK ENERGI LISTRIK ALTERNATIF TENAGA AIR LAUT PADA PENERANGAN KAPAL NELAYAN

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disetujui oleh Pembimbing Akademik

Oleh:

Zakaria

NRP. 04211240000012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Juniarko Prananda, ST., MT.
NIP. 1990 0605 2015 04 1001



SURABAYA
Januari 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PEMANFAATAN ALUMINIUM SEBAGAI ANODA UNTUK ENERGI LISTRIK ALTERNATIF TENAGA AIR LAUT PADA PENERANGAN KAPAL NELAYAN

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Zakaria

NRP. 04211240000012

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

STUDI PEMANFAATAN ALUMINIUM SEBAGAI ANODA UNTUK ENERGI LISTRIK ALTERNATIF TENAGA AIR LAUT PADA PENERANGAN KAPAL NELAYAN

Nama Mahasiswa : Zakaria
NRP. : 04211240000012
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Juniarko Prananda, ST., MT.

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan yang sebagian besar masyarakat menjadi nelayan. Nelayan membutuhkan listrik untuk penerangan saat berlayar dalam mencari ikan pada malam hari. Energi alternatif diperlukan oleh nelayan sebagai sumber listrik untuk mengurangi kinerja dari generator pada kapal. Aluminium sebagai anoda salah satu energi alternatif dengan memanfaatkan air laut dan karbon sebagai anoda untuk menghasilkan sumber listrik melalui proses elektrokimia. Metode pengujian yang dilakukan adalah dengan memvariasikan ukuran sel dan jumlah anoda. Selain itu digunakan rangkaian seri, paralel, dan campuran pada pengujian. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa penggunaan ukuran cel dan jumlah anoda lebih efisien menggunakan ukuran cel kedua dengan anoda tunggal dimana dimensi cel 15 cm x 7.5 cm x 20 cm yang menghasilkan tegangan 1.42 volt. Dalam mensuplai kebutuhan listrik di navigation deck selama 9 jam memerlukan 44 blok cel yang disusun secara paralel dengan menghasilkan daya sebesar 2124.32 Wh, dimana setiap blok cel terdiri 17 cel yang di susun secara seri. Dimensi aluminium baterai yang direncanakan 255 cm x 165 cm x 20 cm.

Kata kunci : Aluminium, Anoda, Nelayan, Listrik

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

***STUDY OF APPLICATION OF ALUMINUM AS ANODE FOR ENERGY
ALTERNATIVES ELECTRIC POWER OF SEAWATER AT FISHING VESSEL
LIGHTING***

Name : Zakaria
NRP. : 04211240000012
Department : Marine Engineering
Supervisor : Juniarko Prananda, ST., MT.

ABSTRACT

Indonesia as the island state that most of the people become fishermen. Fishermen need electricity for lighting while sailing for fishing at night. Alternative energy needed by fishermen as a source of electricity to reduce the performance of generators on ships. Aluminum as anode is one of the alternative energy by utilizing sea air and carbon as anode to generate power source through electrochemical process. Test method is done by varying the size of the cell and the number of anodes. In addition, series, parallel, and mixed tests are used. From the results of the research, it is known that the use of cel size and the number of anodes is more efficient using the second cel size with single anode where dimension cel 15 cm x 7.5 cm x 20 cm which is powered by 1.42 volt voltage. In supplying the electricity needs in the navigation deck for 9 hours requires 44 blocks of cells arranged in parallel to produce power of 2124.32 Wh, where each cell block consists of 17 cells in series. The planned aluminum battery dimension is 255 cm x 165 cm x 20 cm.

Keywords: Aluminium, Anode, Electric, Fisherman

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah – Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Pemanfaatan Aluminium Sebagai Anoda Untuk Energi Listrik Alternatif Tenaga Air Laut Pada Penerangan Kapal Nelayan” dengan baik dalam rangka memenuhi syarat pada Mata Kuliah Skripsi (ME141501) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.

Selama proses penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu dan ayah, beserta kakak - kakak tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral dan materiel kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. dan Bapak Semin, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala dan Sekretaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
3. Bapak Ir. Amiadji, M. M., M.Sc. selaku dosen wali yang terus memotivasi dan memberikan masukan kepada penulis selama melaksanakan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Juniarko Prananda, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan selama proses penyusunan skripsi.
5. Segenap civitas akademika yang telah menyampaikan ilmu dan berbagai pengalaman selama penulis melaksanakan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
6. Keluarga Bismarck '12 yang selalu menemani dan memberikan semangat dalam menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
7. Seluruh teknisi, member dan grader Laboratorium Marine Electrical and Automation System (MEAS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.

Penulis berharap kritik dan saran yang bersifat membangun demi penelitian terkait di waktu mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca.

Surabaya, Januari 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Manfaat.....	2
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Pendahuluan	3
2.2. Penelitian Terkait	4
2.3. Prinsip Sel Volta.....	4
2.4. Deret Elektrokimia (Deret Volta).....	4
2.5. Teori Kapasitansi.....	5
2.6. Hukum Faraday I.....	6
2.5. Aluminium Sebagai Anoda	6
2.6. Kelebihan Penggunaan Aluminium Sebagai Anoda	8
2.7. Aplikasi Penggunaan Aluminium Sebagai Anoda	8
BAB III.....	9
METODOLOGI PENELITIAN	9
3.1. Identifikasi Permasalahan.....	10
3.2. Studi Literatur.....	10
3.3. Pembuatan Alat Uji	11
3.4. Pengecekan Bahwa Alat Telah Terangkai Secara Benar.....	14
3.5. Pengisian Air Laut Pada Setiap Variasi Ukuran Sel.....	14
3.6. Pengecekan Adanya Listrik atau Tidak	14
3.7. Melakukan Percobaan	14
3.8. Pengambilan Data.....	15
3.9. Analisa Data	15
3.10. Kesimpulan dan Saran.....	15
BAB IV	17
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Percobaan I.....	17
4.1.1 Langkah – langkah Percobaan I	17
4.1.2 Hasil Pengamatan Percobaan I	19
4.1.3 Analisa Grafik Percobaan I	20
4.2 Percobaan II.....	26

4.2.1	Langkah-langkah Percobaan.....	26
4.2.2	Hasil Pengamatan Percobaan II.....	27
4.2.3	Analisa Grafik Percobaan II	30
4.3	Percobaan III	38
4.3.1	Langkah-langkah Percobaan III.....	38
4.3.2	Hasil Pengamatan Percobaan III.....	41
4.3.3	Analisa Grafik Percobaan III	44
4.4	Percobaan IV	57
4.4.1	Langkah-langkah Percobaan IV	57
4.4.2	Hasil Pengamatan Percobaan IV	59
4.4.3	Analisa Grafik Percobaan IV	60
4.5	Penerapan Pada Kapal 30 GT.....	62
4.6	Kebutuhan Jumlah Cel Aluminium	63
4.6.1	Perhitungan Dimensi Aluminium Baterai	64
BAB V		65
KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1.	Kesimpulan.....	65
5.2.	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN		69
BIODATA PENULIS.....		93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potensial Elektroda.....	5
Gambar 2.2 Komposisi Seri Aluminium.....	7
Gambar 2.3 Perbandingan Energi Antara Logam Anoda.....	7
Gambar 3. 1 ALuminium	11
Gambar 3. 2 Air Laut	11
Gambar 3. 3 Karbon	12
Gambar 3. 4 Multimeter	12
Gambar 3. 5 Akrilik.....	13
Gambar 3. 6 Kabel.....	13
Gambar 3. 7 Timah.....	13
Gambar 3. 8 Solder.....	14
Gambar 4. 1 Rangkaian Percobaan I.....	18
Gambar 4. 2 Susunan Peralatan Percobaan I.....	18
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 1	20
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 1	21
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 2	22
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 2	23
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 3	24
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 3	25
Gambar 4. 9 Rangkaian Percobaan II.....	26
Gambar 4. 10 Susunan Peralatan Percobaan	26
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 1	30
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 1	31
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 2	32
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 2	33
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 3	34
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 3	35
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Ketiga Cel.....	36
Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Semua Cel	37
Gambar 4. 19 Rangkaian Seri 2 Cel	38
Gambar 4. 20 Rangkaian Seri 3 Cel	38
Gambar 4. 21 Rangkaian Seri 4 Cel	39
Gambar 4. 22 Rangkaian Paralel 2 Cel	39
Gambar 4. 23 Rangkaian Paralel 3 Cel	39
Gambar 4. 24 Rangkaian Paralel 4 Cel	40
Gambar 4. 25 Susunan Percobaan Pada Rangkaian Paralel 3 Anoda	40
Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri Cel	44
Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri Cel.....	45
Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Paralel Cel	46
Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Cel.....	47
Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri 2 Anoda	48

Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri 2 Anoda	49
Gambar 4. 32 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Paralel Cel 2 Anoda	50
Gambar 4. 33 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada RangkaianParalel Cel 2 Anoda	51
Gambar 4. 34 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Seri Cel 3 Anoda	52
Gambar 4. 35 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri 3 Anoda	53
Gambar 4. 36 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Paralel Cel 3 Anoda	54
Gambar 4. 37 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Cel 3 Anoda	55
Gambar 4. 38 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Seri Variasi Anoda.....	56
Gambar 4. 39 Rangkaian 2 Seri 1 Paralel.....	57
Gambar 4. 40 Rangkaian 1 Seri 2 Paralel.....	57
Gambar 4. 41 Rangkaian 2 Seri 2 Paralel.....	58
Gambar 4. 42 Susunan Percobaan Pada Rangkaian 2 Seri 1 Paralel	58
Gambar 4. 43 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Rangkaian Campuran Cel	60
Gambar 4. 44 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Rangkaian Campuran Cel	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 1 (10 x 5 x20)	19
Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 2 (15 x 7.5 x20)	19
Tabel 4. 3 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 3 (22.5 x 11.3 x20)	20
Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel I.....	27
Tabel 4. 5 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 2.....	28
Tabel 4. 6 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 3.....	29
Tabel 4. 7 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Seri Anoda Tunggal	41
Tabel 4. 8 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Paralel Anoda Tunggal.....	41
Tabel 4. 9 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Seri 2 Anoda	42
Tabel 4. 10 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Paralel 2 Anoda.....	42
Tabel 4. 11 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Seri 3 Anoda	43
Tabel 4. 12 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Paralel 3 Anoda.....	43
Tabel 4. 13 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Campuran Cel	59
Tabel 4. 14 Dimensi Utama Kapal Ikan 30 GT.....	62
Tabel 4. 15 Data Kebutuhan Listrik Di Kapal.....	62

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

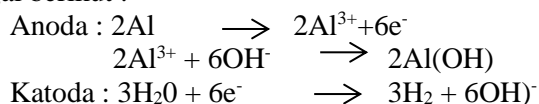
Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di Dunia yang terdiri dari gugusan pulau dengan memiliki garis pantai terbesar di Asia Tenggara. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan dua pertiga luas lautan lebih besar daripada daratan dengan daerah pesisir pantai sebagian besar penduduk menjadi nelayan. Listrik memegang peranan yang penting dalam kehidupan. Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari rumah tangga. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat mesin industri.

Nelayan sangat membutuhkan listrik untuk penerangan saat berlayar pada malam hari. Semakin terbatas dan mahalnya bahan bakar untuk genset sehingga para nelayan kesulitan untuk memenuhi kebutuhan listrik di kapal, karena listrik merupakan hal yang utama bagi nelayan untuk berlayar. Oleh karena itu sangat diperlukan energi listrik alternatif untuk mengurangi kerja dari generator atau baterai di kapal nelayan.

Sumber energi alternatif bertujuan untuk menggantikan sumber energi yang tidak dapat diperbarukan. Energi listrik alternatif ini sangat diperlukan bagi para nelayan guna menekan pengeluaran, salah satunya adalah dengan pemanfaatan aluminium sebagai anoda untuk alternatif energi listrik dengan memanfaatkan air laut sebagai larutan elektrolit. Aluminium merupakan logam yang bisa digunakan sebagai sumber daya kimia dan unsur kimia dalam tabel periodik memiliki simbol Al dengan nomor atom 13 serta berat atom 26,98. Dalam hal ini, sumber daya kimia dari aluminium sebagai anoda memberikan elektron dan pada saat *discharge*, anoda akan kehilangan elektron serta akan larut ke elektrolit dalam bentuk ion logam. Sementara itu, elektron dikirim melalui sirkuit eksternal untuk menghasilkan energi sehingga sumber daya tersebut dipengaruhi oleh anoda logam, yang memainkan peran penting dalam menentukan tegangan sel.

Penelitian mengenai sumber energi listrik alternatif sudah ada yang melakukannya, yaitu perencanaan energi listrik alternatif tenaga air laut menggunakan magnesium. Penelitian yang dilakukan Dwiki Novditya Bagaskara Utama (2016) ini bertujuan untuk mengetahui hasil tegangan dan arus listrik dengan variasi volume air laut dan variasi dari katoda. Pada hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa dari berbagai variasi tersebut memberikan efek tentang nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan magnesium sebagai anoda memberikan output listrik. Kekurangan dari penelitian tersebut, yaitu penggunaan magnesium biasa memiliki tingkat korosi tinggi dan bahan relatif mahal.

Bahan logam yang bisa digunakan sebagai anoda yaitu Zn, Fe, Al, Mg. Dalam hal ini, dipilih aluminium karena aluminium memiliki kerapatan tinggi maka semakin baik daya tahan korosinya, ketersediaan melimpah serta bahan relatif murah. Dimana memiliki reaksi kimia bila bereaksi dengan katoda dan larutan elektrolit adalah sebagai berikut :



Hasil : $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{H}_2 + 2\text{Al}(\text{OH})_3$ (Jatmiko, 2009)

Penggunaan aluminium diharapkan dapat menciptakan energi listrik alternatif yang cukup untuk menyalakan lampu untuk jenis lampu LED sehingga mampu memberikan penerangan alternatif pada nelayan.

1.2. Perumusan Masalah

Dari uraian di atas maka rumusan masalah dari tugas akhir ini yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah output tegangan dan arus yang dihasilkan dengan menggunakan aluminium sebagai anoda untuk energi listrik alternatif tenaga air laut?
2. Bagaimana pengaruh variasi ukuran sel terhadap output listrik yang dihasilkan dari aluminium sebagai anoda?
3. Bagaimana pengaruh variasi jumlah anoda terhadap output listrik yang dihasilkan dari aluminium sebagai anoda?

1.3. Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Pada penelitian ini penulis menggunakan aluminium seri 6061 sebagai anoda.
2. Pada penelitian ini penulis hanya membahas output listrik, yaitu tegangan dan arus yang dihasilkan aluminium.
3. Pada penelitian ini, kondisi lingkungan dan kadar garam di air laut diasumsikan sama.
4. Pada penelitian ini, penulis tidak membahas tentang analisa ekonomi.

1.4. Tujuan

Adapun penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui output listrik berupa tegangan dan arus yang dihasilkan dari aluminium sebagai anoda
2. Mengetahui pengaruh variasi ukuran sel terhadap output listrik yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh jumlah anoda terhadap output listrik yang dihasilkan.

1.5. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat menciptakan energi listrik alternatif sebagai penerangan pada kapal nelayan.
2. Memperoleh data-data yang mendukung untuk dilakukan pengembangan energi listrik alternatif menggunakan aluminium sebagai anoda dengan memanfaatkan air laut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

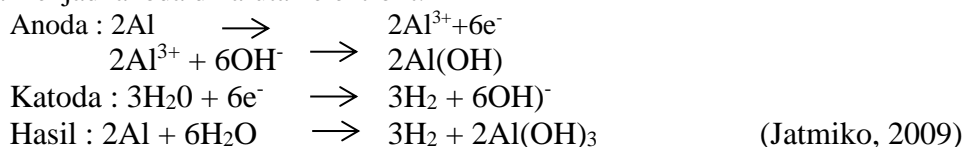
2.1. Pendahuluan

Listrik memegang peranan yang penting dalam kehidupan. Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari rumah tangga. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat mesin industri.

Isu pemanasan global semakin hari semakin tinggi dan dorongan energi yang besar memaksa adanya alternatif energi yang baru. Alternatif energi harus dapat menggantikan bahan bakar fosil dan energi nuklir. Berbagai energi alternatif, antara lain tenaga surya, tenaga air, angin dan energi panas bumi telah dilakukan. Ada pula seperti energi alternatif yang dapat mengubah bahan bakar menjadi listrik dengan menghasilkan bahan yang ramah lingkungan. Energi alternatif saat ini sedang banyak dilakukan penelitian guna untuk mendapatkan energi alternatif yang ramah lingkungan. (prabal sapkota, 2009)

Sumber energi alternatif bertujuan untuk menggantikan sumber energi yang tidak dapat diperbarukan. Energi listrik alternatif ini sangat diperlukan bagi para nelayan guna menekan biaya pengeluaran, salah satunya dengan pemanfaatan aluminium sebagai anoda untuk energi listrik alternatif dengan memanfaatkan air laut sebagai larutan elektrolit. Aluminium merupakan logam yang bisa digunakan sebagai sumber daya kimia dan unsur kimia dalam tabel periodik memiliki simbol Al dengan nomor atom 13 serta berat atom 26,98. Dalam hal ini, sumber daya kimia dari aluminium sebagai anoda memberikan elektron dan pada saat *discharge*, anoda kehilangan elektron serta akan larut ke elektrolit dalam bentuk ion logam. Sementara itu, elektron dikirim melalui sirkuit eksternal untuk menghasilkan energi sehingga sumber daya tersebut dipengaruhi oleh anoda logam, yang memainkan peran penting dalam menentukan tegangan sel. Aluminium sangat menjanjikan sebagai bahan anoda karena memiliki kinerja bawaan yang sangat baik.

Beberapa bahan logam yang bisa digunakan sebagai anoda yaitu Zn, Fe, Al, Mg. Dalam hal ini, dipilih aluminium karena aluminium merupakan logam dengan kerapatan tinggi maka semakin baik daya tahan korosinya, ketersediaan melimpah dan juga bahan relatif murah. Berikut reaksi kimia yang didapatkan dari reaksi kimia pada aluminium ketika menjadi anoda di larutan elektrolit.



2.2. Penelitian Terkait

Penelitian mengenai sumber energi listrik alternatif sudah ada yang melakukannya, yaitu perencanaan energi listrik alternatif tenaga air laut menggunakan magnesium. Penelitian yang dilakukan Dwiki Novditya Bagaskara Utama (2016) ini bertujuan untuk mengetahui hasil tegangan dan arus listrik dengan variasi volume air laut dan katoda. Pada hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa dari berbagai variasi tersebut memberikan efek tentang nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Namun penggunaan magnesium masih tinggi terhadap korosi. Secara umum penggunaan magnesium sebagai anoda memberikan hasil output listrik. Kekurangan dari penelitian tersebut, yaitu penggunaan magnesium biasa memiliki tingkat korosi tinggi dan relatif mahal. Sehingga dalam penelitian kali ini menggunakan aluminium sebagai anoda.

2.3. Prinsip Sel Volta

Sel volta adalah suatu sel elektrokimia yang terdiri atas dua buah elektrode yang dapat menghasilkan energi listrik akibat terjadinya reaksi redoks secara spontan pada kedua elektroda tersebut. Sel volta terdiri atas elektroda negatif tempat berlangsungnya reaksi oksidasi yang disebut anoda, dan elektroda positif tempat berlangsungnya reaksi reduksi yang disebut katoda. Bila dua logam dicelupkan dengan kecenderungan ionisasi yang berbeda dalam larutan elektrolit dan menghubungkan kedua elektroda dengan kawat, sebuah sel volta akan tersusun. Pertama, logam dengan kecenderungan ionisasi yang lebih besar akan teroksidasi, menghasilkan kation yang terlarut dalam larutan elektrolit. Kemudian elektron yang dihasilkan akan menuju ke logam dengan kecenderungan ionisasi lebih rendah melalui kawat. Pada logam dengan kecenderungan ionisasi lebih rendah, kation yang terlarut dalam larutan elektrolit akan direduksi dengan adanya elektron yang mengalir ke logam tersebut (Sodikin dkk, 2013).

Potensial sel volta dapat ditentukan melalui percobaan dengan menggunakan voltmeter. Potensial sel volta dapat juga dihitung berdasarkan data potensial elektroda positif (katoda) dan potensial elektroda negatif (anoda). Katoda adalah elektroda yang mempunyai harga E^0 sedangkan anoda adalah yang mempunyai E^0 lebih kecil (lebih negatif). (Yulianti, 2016).

2.4. Deret Elektrokimia (Deret Volta)

Deret elektrokimia atau deret volta merupakan urutan logam-logam berdasarkan kenaikan potensial elektroda standarnya. Umumnya deret volta yang sering dipakai yaitu : Zn, Ni, Sn, Ca, Li, Ba, Na, K, Mg, Fe, Mn, Pb, Al (H), Hg, Au, Cu, Ag, Pt. Pada deret volta, unsur logam dengan potensial elektroda lebih negatif ditempatkan di bagian kiri, sedangkan unsur dengan potensial elektroda yang lebih positif ditempatkan di bagian kanan. Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron) dan logam merupakan reduktor yang semakin kuat (semakin mudah mengalami oksidasi). Sebaliknya, semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, maka logam semakin kurang reaktif (semakin sulit melepas elektron) dan logam merupakan oksidator yang semakin kuat (semakin mudah mengalami reduksi). Pada gambar 2.1, menjelaskan tentang nilai potensial elektroda logam berdasarkan urutan dari deret volta. (Yulianti, 2016).

Setengah Reaksi Reduksi (Pada Katoda)	E°red (Volt)
$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	3,04
$\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{K}(\text{s})$	-2.92
$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2.76
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2.71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2.38
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1.66
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0.83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{s})$	-0.74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.41
$\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd}(\text{s})$	-0.40
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.23
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0.14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0.13
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.04
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	0.15
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+(\text{aq})$	0.16

Gambar 2.1 Potensial Elektroda
(Sumber: Yulianti, 2016)

Arus listrik yang terjadi pada sel volta disebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif. Hal ini disebabkan karena perbedaan potensial antara kedua elektroda.

2.5 Teori Kapasitansi

Muatan dan potensial suatu konduktor terisolasi membentuk suatu hubungan linier dan rasio keduanya merupakan suatu konstanta konduktor. Konstanta konduktor inilah disebut kapasitansi dan dinyatakan dalam satuan farad. Sehingga kapasitansi adalah kemampuan elektroda dalam menyimpan muatan listrik. Pada dasarnya sebuah kapasitor merupakan dua keping konduktor yang dipisahkan oleh suatu insulator. Agar kapasitor menjadi bermuatan, maka kedua kedua kapasitor dihubungkan pada terminal sumber arus. Muatan – muatan yang berlawanan akan terakumulasi pada plat –plat kapasitor yang terhubung oleh suatu medan listrik. Kapasitansi suatu kapasitor merupakan perbandingan antara muatan – muatan pada plat dan perbedaan potensial kedua plat, yaitu; $C = Q/V$. Menurut teorema Gauss, maka garis gaya listrik pada kapasitor plat sejajar adalah:

$$Q = \epsilon_0 \epsilon_r E A \dots\dots\dots(2.1)$$

Medan listrik kapasitor diasumsikan adalah uniform, maka :

$$V = E d$$

$$Q = \epsilon_0 \epsilon_r E A$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{EA}{Ed} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

$$d = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{C}$$

$$V = E \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{C} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

Q adalah muatan kapasitor (Coulumb)

A adalah luas penampang setiap logam (m²)

C adalah kapasitansi kapasitor (Farad)

ϵ_r adalah permitivitas bahan dielektrik

ϵ_0 adalah permisivitas atau konstanta listrik ($\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)

V adalah beda potensial (Volt)

Berdasarkan persamaan 2.2 semakin besar luas penampang kapasitor, maka semakin tinggi beda potensial yang dihasilkan. (Kuznetsov)

2.6 Hukum Faraday I

Aliran arus listrik melalui suatu larutan elektrolit dapat menghasilkan reaksi kimia. Reaksi kimia yang terjadi dapat diamati pada kedua elektroda. Elektroda yang terjadi proses reduksi disebut katoda, sedangkan elektroda tempat terjadinya oksidasi disebut anoda. Faraday menemukan hubungan antara massa yang dibebaskan dengan arus listrik. Hubungan ini dikenal dengan Hukum Faraday. Pada hukum Faraday I, dimana massa zat yang timbul pada elektroda karena elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah muatan listrik yang mengalir melalui larutan. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.3.

$W \sim Q$

$$Q = I t \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

W adalah massa zat yang diendapkan (gram)

Q adalah jumlah muatan listrik (Coulumb)

I adalah kuat arus listrik (Ampere)

t adalah waktu (detik)

2.5. Aluminium Sebagai Anoda

Aluminium merupakan logam berwarna putih lunak keperakan yang ditemukan oleh Sir Humpey Davy pada tahun 1809 sebagai unsur, dan untuk pertama kalinya direduksi sebagai logam oleh seorang ahli fisika Denmark H. C. Oersted pada tahun 1825. Ahli kimia Humprey Davy dari Inggris ini telah berhasil memisahkan oksida logam pada tahun 1809 dan member nama aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah urutan kedua setelah besi dan baja yang tertinggi diantara logam non fero.

Aluminium adalah logam logam yang paling banyak di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak 8.07% hingga 8.23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi. Aluminium sangat reaktif khususnya dengan oksigen. Sehingga sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif. Pada percobaan ini menggunakan aluminium seri 6061 karena harga relatif murah dan tahan korosi, dimana aluminium tersebut merupakan paduan dengan berbagai unsur logam. Pada gambar 2.2 dapat diketahui bahwa komposisi unsur paling besar dari aluminium seri 6061 adalah magnesium (Mg) dan silica (Si).

Alloy group	Nominal chemical composition ^(a) , wt%										
	Mg	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Zr	Other
Wrought alloys											
1xxx (Al)	0.006–	0.006–	0.002–	0.01–	0.002–	0.006–	...	0.006–	0.006–
> 99.00%	0.25	0.7	0.06	0.03	0.05	0.6		0.35	0.05		
2xxx (Cu)	0.02–	0.10–	0.02–	0.05–	0.05–	0.12–	0.05–	0.8–	0.10–	0.05–	...
	0.8	1.3	0.3	0.2	1.3	1.3	2.3	6.8	0.80	0.5	
3xxx (Mn)	0.05–	0.3–	0.05–	0.05–	0.05–	0.1–	0.05	0.05–	0.05–	0.1–	...
	1.3	1.8	0.10	0.40	1.8	1.0		0.50	1.0	0.5	
4xxx (Si)	0.05–	0.8–	0.04–	0.05–	0.03–	0.20–	0.15–	0.05–	0.05–
	2.0	13.5	0.30	0.25	1.5	1.0	1.3	1.5	0.25		
5xxx (Mg)	0.2–	0.08–	0.05–	0.05–	0.03–	0.10–	0.03–	0.03–	0.05–
	5.6	0.7	0.20	0.35	1.4	0.7	0.05	0.35	2.8		
6xxx (Mg + Si)	0.05–	0.20–	0.08–	0.03–	0.03–	0.08–	0.2	0.10–	0.05–	0.05–	...
	1.5	1.8	0.20	0.035	1.0	1.0		1.2	2.4	0.20	

Gambar 2.2 Komposisi Seri Aluminium
(Sumber: ASM Handbook Volume 9, 1992)

Aluminium merupakan bahan anoda yang sangat menarik untuk dijadikan baterai karena memiliki berat atom 26.98 dengan kapasitas energi sebesar 2.98 Ah/g, dibandingkan dengan litium 3.86 Ah/g, magnesium 2.20 Ah/g, dan seng 0.82 Ah/g. Dari volume, aluminium menghasilkan 8.04 Ah/cm³, dibandingkan dengan litium 2.06 Ah/cm³, seng 5.85 Ah/cm³, dan magnesium sebesar 3.83 Ah/cm³. Selain itu, aluminium merupakan logam yang melimpah dan relatif murah. (Li. 2001)

Aluminium sebagai baterai memiliki EMF 2.7 V yang tinggi, densitas energy yang tinggi sebesar 8.1 kWh/kg. Sedangkan logam seng memiliki EMF sebesar 1.4 V dengan densitas energy 1.0 kWh/kg. Penggunaan aluminium sebagai baterai sangat tinggi. (Yang. 2002)

Logam aluminium dapat digunakan sebagai anoda dalam sel logam. Aluminium memiliki kapasitas energy sebesar 2.98 Ah/g, kerapatan energi 8.03 kWh/kg dengan EMF 2.7 V. Sedangkan pada logam lainnya seperti, Zn kapasitas energi 0,819 Ah/g logam, EMF 1.62 V, kerapatan energi 1,329 Wh/g logam. Sedangkan Untuk logam Fe 0,961 Ah/g, EMF 1,28 V, kerapatan energi 1,226 Wh/g logam. Untuk logam Al kapasitas energinya 2,985 Ah/g, dengan EMF 2,7 V, kerapatan energi 8,036 Wh/g logam. Dari uraian tersebut, logam aluminium memiliki kerapatan energi yang besar bila dijadikan sebagai anoda. (Kaisheva, 2005)

COUPLE	CAPACITY (Ah/kg metal)	EMF (Volts)	ENERGY DENSITY (Wh/kg metal)	TYPE OF ELECTROLYTE
Al/O ₂	2 985	2.70	8 036	saline
Mg/O ₂	2 222	3.08	6 812	saline
Zn/O ₂	819	1.62	1 329	alkaline
Fe/O ₂	961	1.28	1 226	alkaline

Gambar 2.3 Perbandingan Energi Antara Logam Anoda
(Sumber: Kaisheva, 2005)

2.6. Kelebihan Penggunaan Aluminium Sebagai Anoda

Menurut Li (2001) menjelaskan bahwa penggunaan aluminium sebagai anoda memiliki kelebihan tersendiri selain ketersediaan yang melimpah dan juga harga relatif murah, yaitu kapasitas energi sebesar 2.98 Ah/g, dibandingkan dengan litium 3.86 Ah/g, magnesium 2.20 Ah/g, dan seng 0.82 Ah/g. Dari volume, aluminium menghasilkan 8.04 Ah/cm³, dibandingkan dengan litium 2.06 Ah/cm³, seng 5.85 Ah/cm³, dan magnesium sebesar 3.83 Ah/cm³. Selain itu, aluminium memiliki standar elektroda potensial sebesar -1.66 V dalam elektroda larutan garam dan -2.35 V dalam elektrolit alkali.

Aluminium dapat digunakan sebagai bahan anoda dalam baterai yang teraktivasi dengan air laut yang merupakan sumber daya listrik karena kinerja elektrokimia yang sangat baik. Baterai dengan aluminium sebagai anoda memperoleh kepraktisan dan biaya yang lebih rendah daripada baterai lithium ion atau alkaline lainnya. Baterai yang diaktifkan oleh air laut bergantung pada korosi anoda logam di air laut untuk memberikan tegangan sel. Oleh karena itu, aluminium dapat diaplikasikan sebagai bahan anoda karena tingkat korosi yang rendah, kepadatan daya tinggi, ketersediaan melimpah, dan memiliki potensial elektroda tinggi sebesar -1.66 V. (Tang. 2004)

Menurut Shen (1993) menjelaskan penggunaan aluminium sebagai anoda untuk baterai tenaga air laut sangat menarik, karena tingkat pelepasan yang lebih rendah, dibandingkan dengan penggunaan magnesium. Bukan hanya itu saja, aluminium memiliki potensial yang rendah dan ketersediaan elektrokimia.

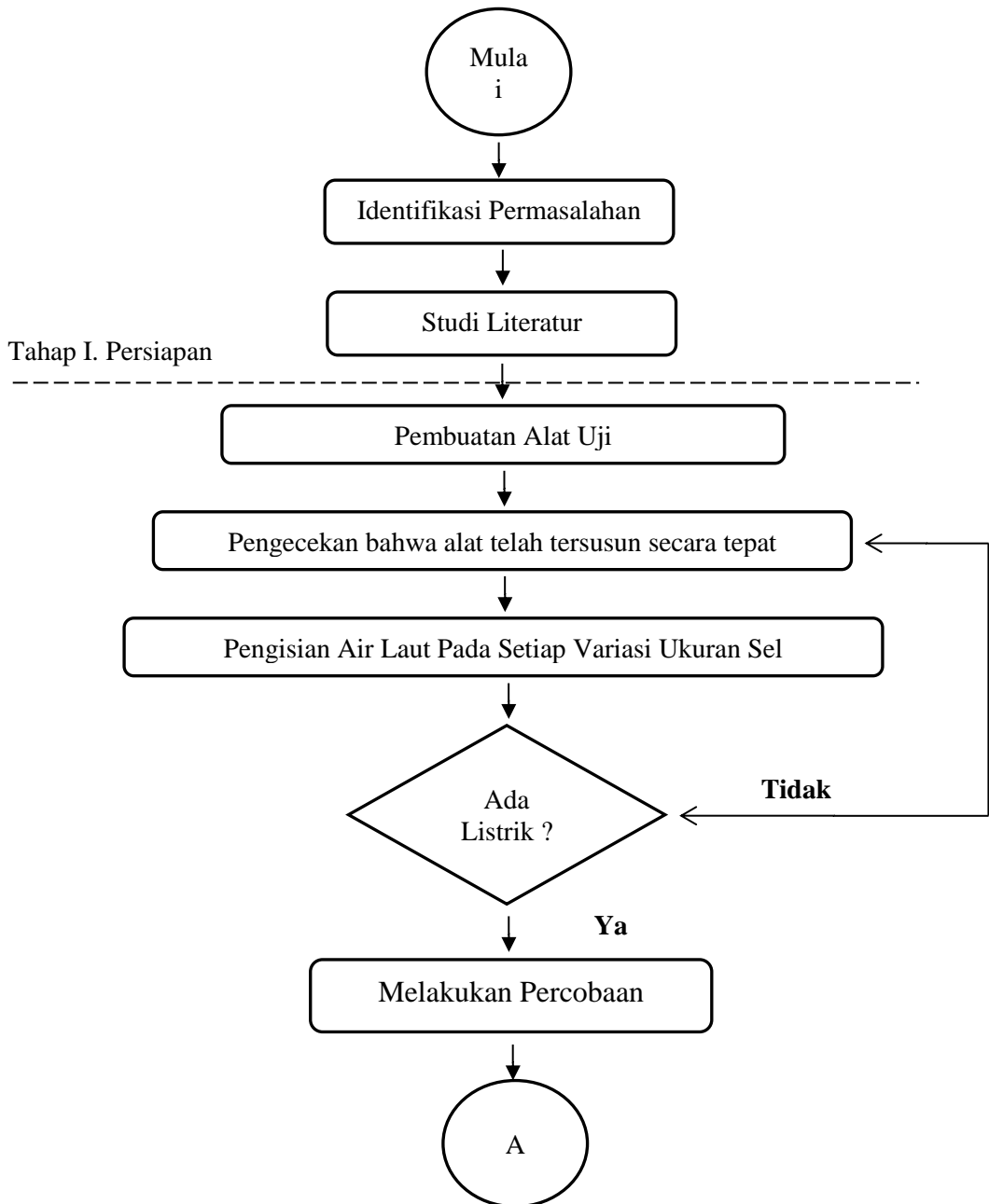
2.7. Aplikasi Penggunaan Aluminium Sebagai Anoda

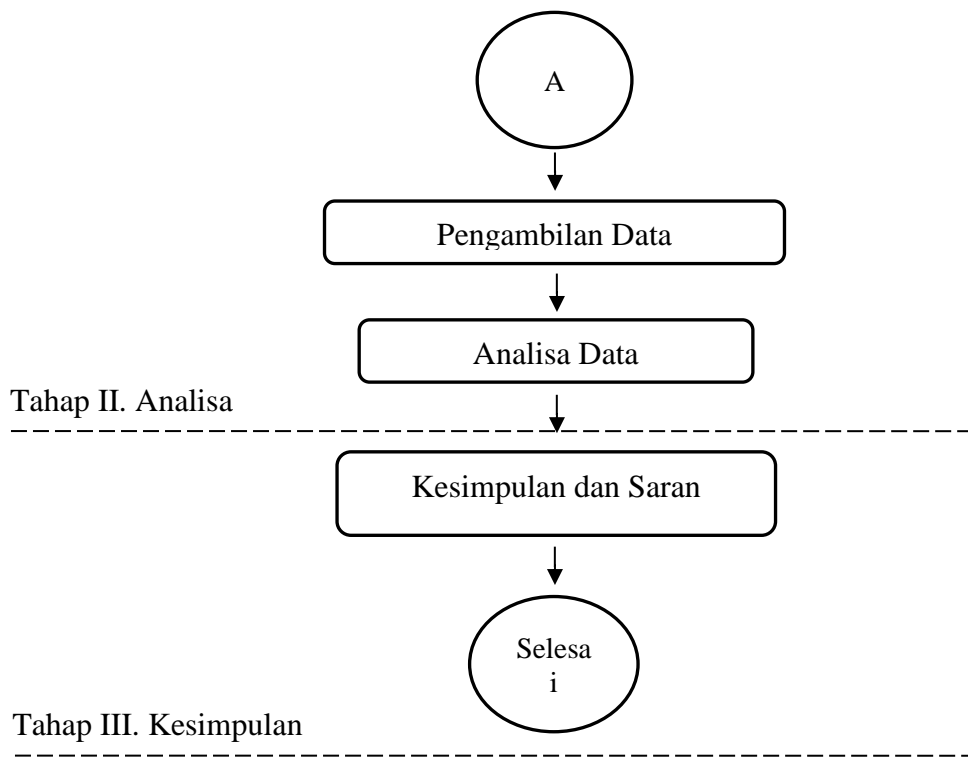
Menurut Tang (2004) penggunaan aluminium sebagai baterai yang teraktivasi dengan air laut merupakan sumber daya listrik. Dimana, penggunaan aluminium sebagai anoda memiliki kepraktisan dan biaya rendah. Baterai yang diaktifkan dengan air laut bergantung pada korosi anoda logam di air laut untuk menghasilkan tegangan sel.

Menurut Li (2001) penggunaan aluminium sebagai baterai perkembangannya mulai awal 1960. Penelitian tersebut menunjukkan kelayakan teknis aluminium sebagai baterai. Setelah itu, sebagian besar aluminium dipelajari sebagai baterai dengan elektrolit.

Menurut Shen (1993) menjelaskan penggunaan aluminium sebagai anoda untuk baterai tenaga air laut sangat menarik, karena tingkat pelepasan yang lebih rendah, dibandingkan dengan penggunaan magnesium. Bukan hanya itu saja, aluminium memiliki potensial yang rendah dan ketersediaan elektrokimia.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN





Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah pengerjaan tugas akhir secara sistematis yang dilakukan sejak dimulainya pengerjaan hingga akhir dari proses penelitian. Metodologi penelitian diperlukan agar proses penelitian dapat berjalan sesuai dengan harapan dan memperoleh hasil yang maksimal.

Pada tugas akhir ini digunakan metode dengan melakukan praktikum untuk pengambilan data yang dilanjutkan dengan melakukan perhitungan – perhitungan yang dibutuhkan dalam melakukan analisa pengaruh variasi ukuran sel dan jumlah anoda terhadap output listrik yang dihasilkan dari aluminium sebagai anoda.

3.1. Identifikasi Permasalahan

Awal tahapan dalam pengerjaan skripsi ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada, kemudian dirumuskan dalam perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu, juga terdapat batasan masalah, hal ini dimaksudkan agar topik lebih detail dan tidak terlalu meluas.

3.2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan *study literature* dengan mencari literatur-literatur mengenai pembangkit listrik alternatif dengan memanfaatkan aluminium dimana berupa jurnal, paper, hasil penelitian, buku-buku baik versi cetak maupun versi *online*. Pada tahap ini merumuskan segala sesuatu yang akan dilakukan pada tugas akhir ini sesuai dengan referensi-referensi yang dimiliki.

3.3. Pembuatan Alat Uji

Pada tahap ini dilakukan pembuatan alat uji dengan bahan-bahan yang sudah ditentukan, guna untuk memperoleh data sebagai bahan analisa.

3.3.1. Alat dan Bahan Pengujian

a. *Aluminium*

Aluminium digunakan sebagai anoda (-), dengan dimensi L; 170mm, diameter: 12.7mm.



Gambar 3.1 ALuminium

b. *Air Laut*

Digunakan sebagai larutan elektrolit untuk pengereaksi sel volta antara anoda dan katoda.



Gambar 3.2 Air Laut

c. Karbon

Karbon digunakan sebagai katoda (+)



Gambar 3.3 Karbon

d. Multimeter

Merupakan suatu alat pengukur listrik yang dikenal sebbagai VOM (Volt Ohm meter) yang dapat mengukur tegangan, hambatan, maupun arus.



Gambar 3.4 Multimeter

e. Box Akrilik

Sebagai tempat melakukan percobaan dengan memiliki 3 ukuran berbeda, yaitu cel pertama dimensi 10 cm x 5 cm x 20 cm, cel kedua dimensi 15 cm x 7.5 cm x 20 cm, cel ketiga dimensi 22.5 cm x 11.3 cm x 20 cm



Gambar 3.5 Akrilik

f. Kabel

Merupakan suatu alat yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal listrik dari satu tempat ke tempat lain.



Gambar 3.6 Kabel

g. Timah

Merupakan suatu bahan yang digunakan sebagai perekat atau penyambung pada kabel.



Gambar 3.7 Timah

h. Solder

Merupakan suatu alat yang digunakan untuk melelehkan timah atau logam lebur lainnya yang setelah logam lebur digunakan sebagai penyambung dua permukaan logam.



Gambar 3.8 Solder

3.4. Pengecekan Bahwa Alat Telah Terangkai Secara Benar

Pada tahap ini dilakukan pengecekan alat uji guna untuk mengetahui pemasangan komponen-komponen telah dirangkai secara benar atau tidak untuk memudahkan dalam pengambilan data.

3.5. Pengisian Air Laut Pada Setiap Variasi Ukuran Sel

Pada tahap ini dilakukan pengisian air laut pada setiap variasi ukuran sel dan jumlah anoda guna dalam proses pengujian. Ada tiga variasi ukuran sel yang digunakan dalam pengujian.

3.6. Pengecekan Adanya Listrik atau Tidak

Menurut teori jika anoda dan katoda diletakkan pada larutan elektrolit, sehingga akan menghasilkan energi listrik akibat adanya reaksi kimia antar anoda dan katoda tersebut. Dalam hal ini, dilakukan pengecekan alat dengan menggunakan multimeter. Jika saat dilakukan pengujian terdapat listrik, maka alat uji siap dilakukan pengujian.

3.7. Melakukan Percobaan

Pada tahap ini dilakukan percobaan terhadap alat uji yang telah dibuat, dengan beberapa variabel yang diberikan, antara lain

Variabel Kontrol

Pada variabel ini, penelitian dibuat sama dimana dimensi aluminium yang telah ditentukan.

Variabel Bebas

Pada variabel ini yang divariasikan, yaitu dimensi ukuran cel dan jumlah anoda

Variabel Terikat

Variabel ini merupakan faktor-faktor yang diamati pada penelitian, yaitu tegangan dan arus yang terjadi karena ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas dengan menggunakan alat multimeter.

3.8. Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data dan pencatatan data yang merupakan hasil analisis dari proses pengujian alat uji guna pembuatan hasil percobaan dan penarikan kesimpulan.

3.9. Analisa Data

Melakukan analisa terhadap data yang telah diperoleh dari pengujian alat uji. Analisa yang dilakukan adalah menganalisa output dari alat berupa arus dan tegangan yang dihasilkan serta pengaruh dari variasi ukuran sel dan jumlah anoda terhadap output listrik yang dihasilkan.

3.10. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan rangkuman dari penulisan tugas akhir dan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang telah disusun pada bab pertama dalam tugas akhir ini. Saran diberikan oleh penulis untuk menjadi rujukan tentang kendala-kendala yang terdapat dalam proses penulisan tugas akhir ini.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang memiliki jumlah yang berlimpah, dengan memiliki simbol Al dan nomor atom 13 pada tabel periodik. Aluminium memiliki beberapa sifat, diantaranya berbobot ringan, tahan korosi, konduktor listrik yang baik, elektroda potensial sebesar -1.66 volt, kapasitas energi 2.985 Ah/g . Penggunaan aluminium sebagai anoda dilakukan guna untuk mendapatkan energi alternatif bagi nelayan. Pada percobaan ini dilakukan variasi ukuran cel dan jumlah anoda untuk mengetahui hasil output yang dihasilkan pada tiap – tiap cel. Ukuran cel diantaranya, cel 1 sebesar 10 x 5 x 20, cel 2 sebesar 15 x 7.5 x 20, dan cel 3 sebesar 22.5 x 11.3 x 20

Dalam bab ini akan dibahas pengaruh variasi ukuran sel dan jumlah anoda terhadap output listrik yang dihasilkan. Untuk mengetahui pengaruh tersebut dilakukan beberapa percobaan, yaitu:

1. Percobaan pertama dengan variasi pada tiap cel terhadap volume air laut.
2. Percobaan kedua dengan variasi pada tiap cel terhadap waktu selama 1 jam.
3. Percobaan ketiga dengan variasi jumlah anoda pada cel yang kedua dengan disusun secara seri dan paralel.
4. Percobaan keempat dengan anoda tunggal pada cel disusun dengan rangkaian campuran (seri dan paralel).

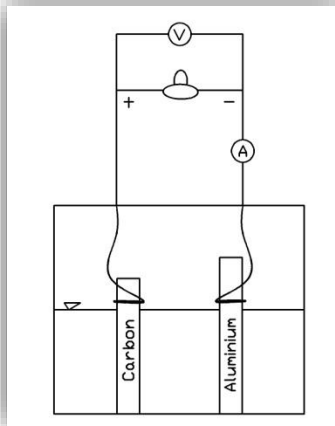
4.1 Percobaan I

Pada percobaan I ini dilakukan dengan menggunakan karbon sebagai katoda dengan dilakukan variasi ukuran cel terhadap volume air laut guna untuk mengetahui pengaruh pada output listrik yang dihasilkan.

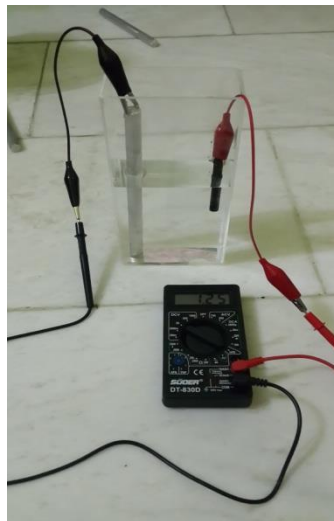
4.1.1 Langkah – langkah Percobaan I

Berikut langkah – langkah percobaan I, antara lain:

1. Menyiapkan peralatan yang telah ditentukan, seperti kabel sebagai penghubung ke rangkaian, anoda, katoda, lampu, multimeter
2. Menyusun alat percobaan dengan menghubungkan kabel pada setiap anoda dan katoda sesuai gambar 4.1 dan gambar 4.2



Gambar 4.1 Rangkaian Percobaan I



Gambar 4.2 Susunan Peralatan Percobaan I

3. Memberikan variasi yang telah ditentukan
4. Memasang multimeter pada rangkaian
5. Mencatat hasil percobaan

4.1.2 Hasil Pengamatan Percobaan I

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 1 (10 x 5 x20)

No.	Volume	Ketinggian	Tegangan	Arus
	(ml)	(cm)	(V)	(A)
1	100	2	1.2	0.017
2	200	4.4	1.21	0.018
3	300	6.5	1.22	0.018
4	400	8.4	1.24	0.018
5	500	10.6	1.24	0.018
6	600	12.9	1.25	0.019
7	700	15	1.26	0.019
8	800	17	1.28	0.019

Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 2 (15 x 7.5 x20)

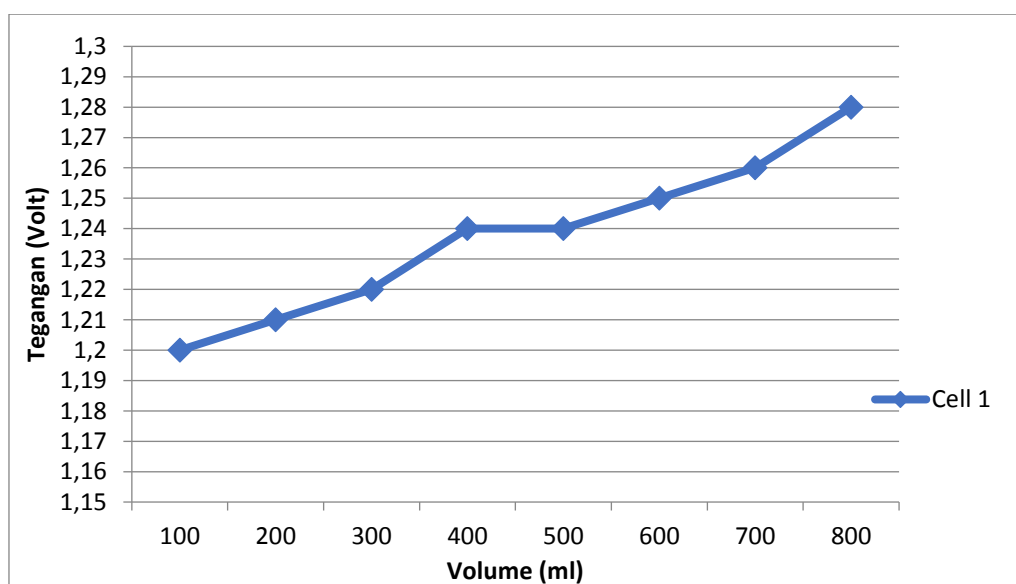
No.	Volume	Ketinggian	Tegangan	Arus
	(ml)	(cm)	(V)	(A)
1	200	1.7	1.23	0.016
2	400	3.3	1.24	0.016
3	600	5	1.24	0.018
4	800	6.6	1.24	0.018
5	1000	8.1	1.25	0.018
6	1200	9.7	1.25	0.019
7	1400	11.5	1.26	0.019
8	1600	13.2	1.26	0.019
9	1800	14.7	1.26	0.019
10	2000	16.4	1.26	0.019

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 3 (22.5 x 11.3 x20)

No.	Volume (ml)	Ketinggian (cm)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	400	1	1.2	0.017
2	800	3	1.2	0.017
3	1200	4.6	1.2	0.017
4	1600	6.1	1.21	0.017
5	2000	7.7	1.21	0.018
6	2400	9.2	1.22	0.018
7	2800	10.7	1.22	0.018
8	3200	12.2	1.22	0.019
9	3600	14.1	1.23	0.019
10	4000	15.5	1.23	0.019

4.1.3 Analisa Grafik Percobaan I

1. Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 1

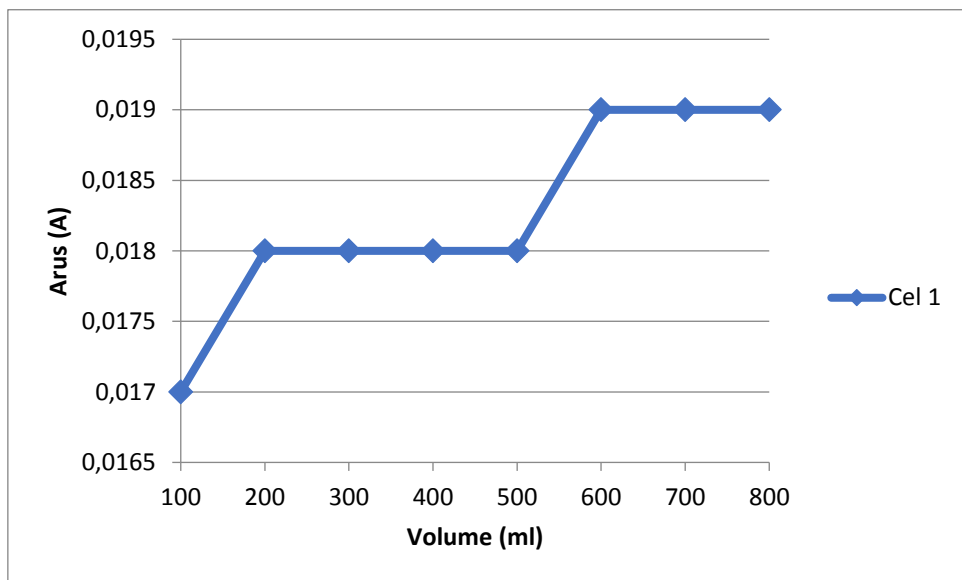


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 1

Pada Gambar 4.3 diatas dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh volume air laut terhadap tegangan. Semakin naik volume air laut maka tegangan akan mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan batang anoda tidak tercelup secara sempurna mengakibatkan terjadinya reaksi pada anoda oleh udara bebas yang terdapat pada cel sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Tegangan terbesar pada ukuran cel 1 sebesar 1.28 volt terjadi pada saat volume air laut 800 ml dan tegangan terendah sebesar

1.2 volt terjadi pada saat volume air laut 100 ml. Sedangkan kondisi saat tegangan tidak mengalami kenaikan pada saat volume 200 ml dan 300 ml. Nilai tegangan pada grafik diatas mengalami kenaikan sebesar 0.01 volt. Berpengaruhnya volume pada tegangan yang dihasilkan sesuai dengan teori kapasitansi. Dari teori kapasitansi, muatan listrik yang tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup.. Sehingga, semakin luas permukaan elektroda yang tercelup air laut, maka nilai output listrik yang dihasilkan akan semakin besar.

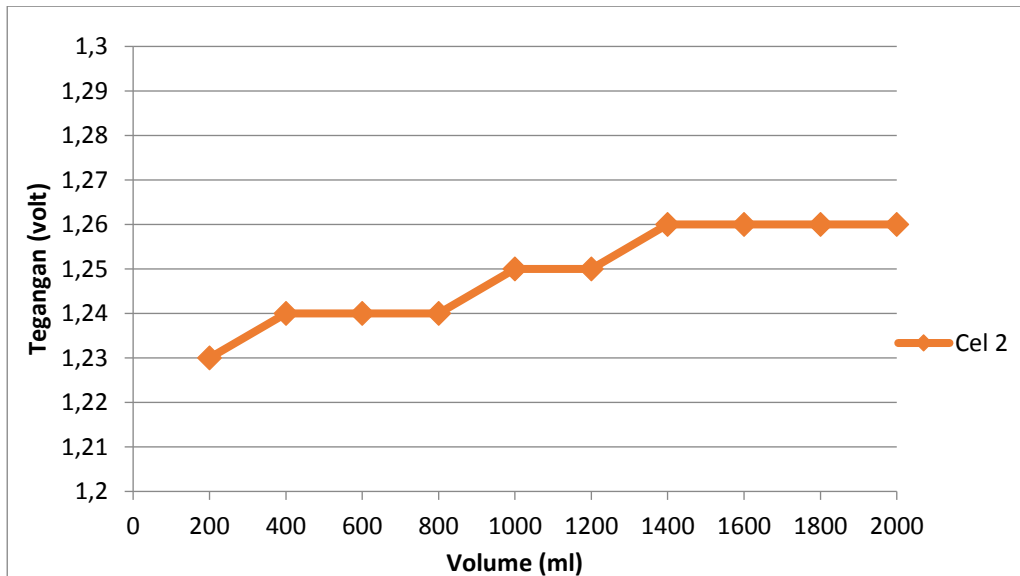
Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 1



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 1

Pada Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh volume air laut terhadap besarnya nilai arus yang dihasilkan. Berpengaruhnya volume pada arus yang dihasilkan sesuai dengan teori kapasitansi. Dari teori kapasitansi, muatan listrik yang tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup.. Sehingga, semakin luas permukaan elektroda yang tercelup air laut, maka nilai output listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Sehingga, arus yang dihasilkan dari reaksi kimia tersebut semakin tinggi. Pada saat ketinggian maksimum menghasilkan arus sebesar 0.019 ampere, sedangkan saat ketinggian minimum menghasilkan arus sebesar 0.017 ampere. Pengaruh volume terhadap arus tidak terlalu besar, hal ini sesuai pada grafik dengan arus yang dihasilkan mengalami kenaikan mencapai 0.002 ampere.

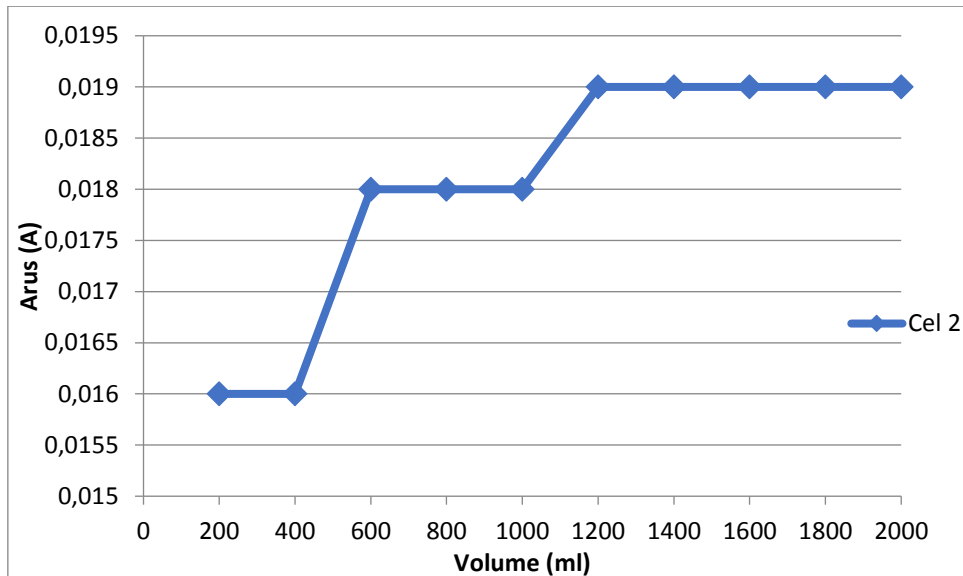
2. Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 2



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 2

Pada Gambar 4.5 diatas dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh volume air laut terhadap tegangan yang dihasilkan. Semakin naik volume air laut maka tegangan akan mengalami kenaikan namun tidak terlalu besar. Hal ini disebabkan batang anoda tidak tercelup secara sempurna mengakibatkan terjadinya reaksi pada anoda oleh udara bebas yang terdapat pada cel sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Pada saat volume air laut maksimum menghasilkan tegangan sebesar 1.26 volt, sedangkan saat volume air laut minimum menghasilkan tegangan sebesar 1.23 volt. Nilai tegangan pada grafik tersebut mengalami kenaikan sebesar 0.01 volt. Berpengaruhnya volume pada tegangan yang dihasilkan sesuai dengan teori kapasitansi. Dari teori kapasitansi, muatan listrik yang tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup.. Sehingga, semakin luas permukaan elektroda yang tercelup air laut, maka nilai output listrik yang dihasilkan akan semakin besar.

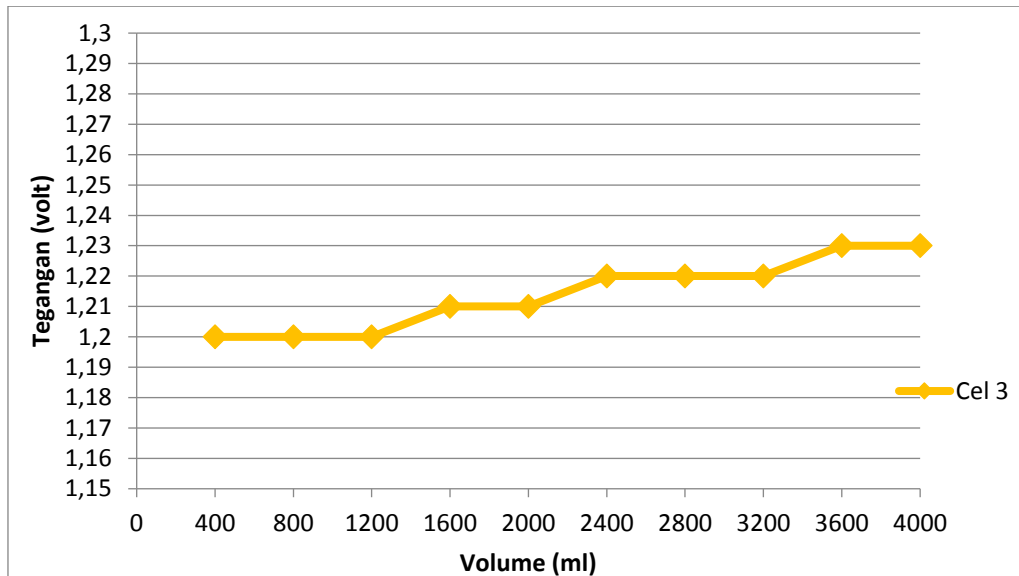
Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 2



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 2

Pada Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh volume air laut terhadap besarnya nilai arus yang dihasilkan. Berpengaruhnya volume pada arus yang dihasilkan sesuai dengan teori kapasitansi. Dari teori kapasitansi, muatan listrik yang tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup.. Sehingga, semakin luas permukaan elektroda yang tercelup air laut, maka nilai output listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Sehingga, arus yang dihasilkan dari reaksi kimia tersebut semakin tinggi. Pada saat ketinggian maksimum menghasilkan arus sebesar 0.019 ampere, sedangkan saat ketinggian minimum menghasilkan arus sebesar 0.016 ampere. Pengaruh volume terhadap arus tidak terlalu besar, hal ini sesuai pada grafik dengan arus yang dihasilkan mengalami kenaikan mencapai 0.003 ampere.

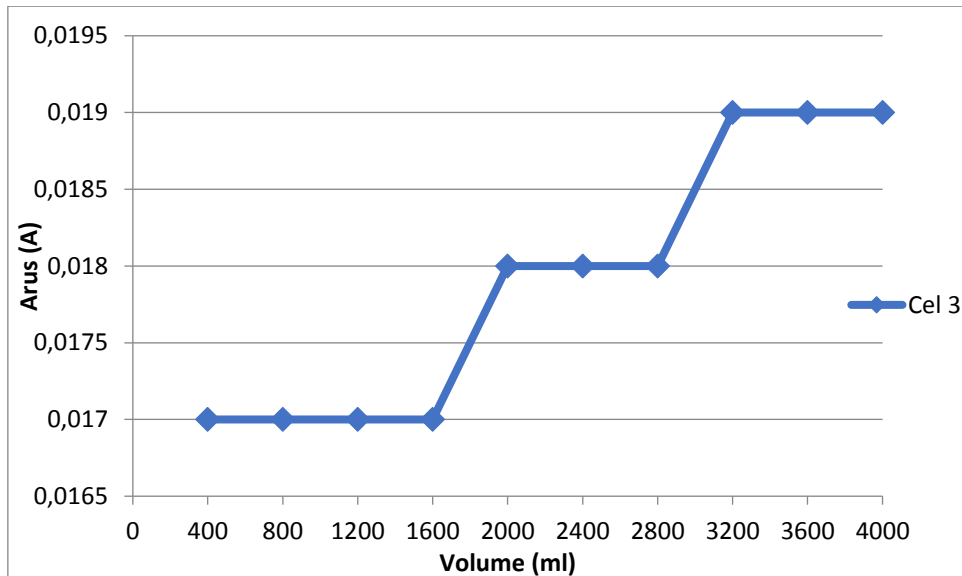
3. Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 3



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Cel 3

Pada Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa volume air laut berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan. Semakin naik volume air laut maka tegangan yang dihasilkan akan mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan batang anoda tidak tercelup secara sempurna mengakibatkan terjadinya reaksi pada anoda oleh udara bebas yang terdapat pada cel sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Tegangan terendah pada grafik diatas sebesar 1,19 volt saat volume air laut 400 ml. Sedangkan tegangan terbesar sebesar 1,23 pada saat volume air laut 3600 ml dan 4000ml. Pada grafik tidak ada tegangan yang mengalami penurunan. Pengaruh volume terhadap tegangan tidak terlalu besar, hal ini sesuai pada grafik dengan kenaikan nilai tegangan sebesar 0,01 volt. Berpengaruhnya volume pada tegangan yang dihasilkan sesuai dengan teori kapasitansi. Dari teori kapasitansi, muatan listrik yang tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup.. Sehingga, semakin luas permukaan elektroda yang tercelup air laut, maka nilai output listrik yang dihasilkan akan semakin besar.

Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 3



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Cel 3

Pada Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh volume air laut terhadap besarnya nilai arus yang dihasilkan. Berpengaruhnya volume pada arus yang dihasilkan sesuai dengan teori kapasitansi. Dari teori kapasitansi, muatan listrik yang tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup.. Sehingga, semakin luas permukaan elektroda yang tercelup air laut, maka nilai output listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Sehingga, arus yang dihasilkan dari reaksi kimia tersebut semakin tinggi. Pada saat ketinggian maksimum menghasilkan arus sebesar 0.019 ampere, sedangkan saat ketinggian minimum menghasilkan arus sebesar 0.017 ampere. Pengaruh volume terhadap arus tidak terlalu besar, hal ini sesuai pada grafik dengan arus yang dihasilkan mengalami kenaikan mencapai 0.002 ampere.

Dari percobaan 1 dapat disimpulkan bahwa penggunaan aluminium sebagai anoda dapat menghasilkan output listrik dengan nilai tegangan terbesar yang dihasilkan 1.28 volt dari percobaan dengan cel 1 pada saat kondisi volume maksimum dengan arus sebesar 0.019 ampere. Sedangkan nilai tegangan terendah dihasilkan oleh cel 3 sebesar 1.23 volt. Dengan arus sebesar 0.019 ampere. Dari ketiga cel tersebut, arus terendah saat volume minimum terdapat pada cel 2 dengan arus sebesar 0.016 ampere. Tegangan dan arus yang dihasilkan masih kecil sehingga belum mampu menyalakan lampu. Dari hasil percobaan terdapat pengaruh hubungan volume terhadap output listrik yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan teori kapasitansi, dimana muatan listrik yang dapat tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, semakin tinggi pula output listrik yang dihasilkan.

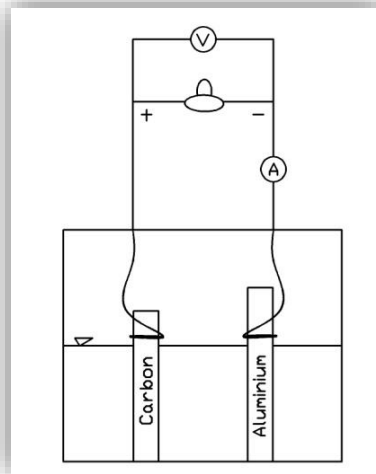
4.2 Percobaan II

Pada percobaan II ini dilakukan dengan mengamati pada tiap-tiap cel pengaruh waktu selama 1 jam terhadap output listrik yang dihasilkan. Dengan menggunakan karbon sebagai katoda dan aluminium sebagai anoda.

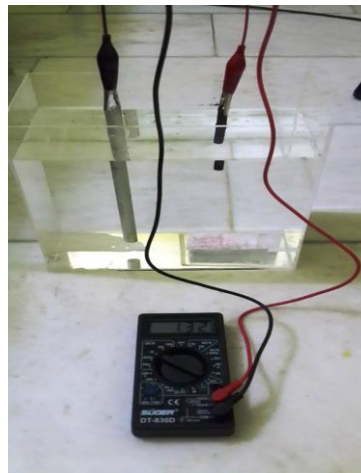
4.2.1 Langkah-langkah Percobaan

Berikut langkah – langkah percobaan II, antara lain:

1. Menyiapkan peralatan yang telah ditentukan, seperti kabel sebagai penghubung ke rangkaian, anoda, katoda, lampu, multimeter
2. Menyusun alat percobaan dengan menghubungkan kabel pada setiap anoda dan katoda sesuai pada gambar 4.9 dan gambar 4.10



Gambar 4.9 Rangkaian Percobaan II



Gambar 4.10 Susunan Peralatan Percobaan

3. Memberikan variasi yang telah ditentukan
4. Memasang multimeter pada rangkaian

5. Mencatat hasil percobaan

4.2.2 Hasil Pengamatan Percobaan II

Tabel 4.4 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel I

No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	1.28	0.025
2	2	1.28	0.025
3	3	1.29	0.025
4	4	1.29	0.025
5	5	1.29	0.025
6	6	1.30	0.025
7	7	1.30	0.025
8	8	1.32	0.025
9	9	1.33	0.025
10	10	1.33	0.025
11	11	1.33	0.025
12	12	1.33	0.024
13	13	1.34	0.024
14	14	1.34	0.024
15	15	1.34	0.024
16	16	1.35	0.024
17	17	1.35	0.024
18	18	1.35	0.024
19	19	1.35	0.024
20	20	1.35	0.024
21	21	1.35	0.024
22	22	1.35	0.023
23	23	1.35	0.023
24	24	1.35	0.023
25	25	1.36	0.023
26	26	1.36	0.023
27	27	1.36	0.023
28	28	1.36	0.023
29	29	1.36	0.023
30	30	1.36	0.023

No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
31	31	1.36	0.023
32	32	1.36	0.022
33	33	1.36	0.022
34	34	1.36	0.022
35	35	1.36	0.022
36	36	1.37	0.022
37	37	1.37	0.022
38	38	1.37	0.022
39	39	1.37	0.022
40	40	1.38	0.022
41	41	1.38	0.022
42	42	1.38	0.02
43	43	1.39	0.02
44	44	1.39	0.02
45	45	1.39	0.02
46	46	1.40	0.02
47	47	1.40	0.02
48	48	1.41	0.02
49	49	1.41	0.02
50	50	1.41	0.02
51	51	1.42	0.02
52	52	1.42	0.02
53	53	1.43	0.02
54	54	1.43	0.02
55	55	1.43	0.02
56	56	1.43	0.02
57	57	1.43	0.02
58	58	1.43	0.02
59	59	1.43	0.02
60	60	1.42	0.02

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 2

No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	1.26	0.03
2	2	1.26	0.03
3	3	1.26	0.03
4	4	1.27	0.03
5	5	1.28	0.03
6	6	1.29	0.03
7	7	1.30	0.03
8	8	1.31	0.03
9	9	1.32	0.03
10	10	1.33	0.03
11	11	1.34	0.03
12	12	1.35	0.03
13	13	1.35	0.03
14	14	1.36	0.028
15	15	1.37	0.028
16	16	1.37	0.028
17	17	1.38	0.028
18	18	1.38	0.028
19	19	1.38	0.028
20	20	1.39	0.028
21	21	1.39	0.028
22	22	1.39	0.028
23	23	1.39	0.028
24	24	1.39	0.028
25	25	1.39	0.026
26	26	1.40	0.026
27	27	1.40	0.026
28	28	1.40	0.026
29	29	1.42	0.026
30	30	1.42	0.026

No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
31	31	1.42	0.026
32	32	1.42	0.026
33	33	1.42	0.026
34	34	1.42	0.026
35	35	1.42	0.026
36	36	1.42	0.026
37	37	1.42	0.026
38	38	1.41	0.026
39	39	1.41	0.026
40	40	1.41	0.026
41	41	1.41	0.026
42	42	1.41	0.025
43	43	1.41	0.025
44	44	1.41	0.025
45	45	1.41	0.025
46	46	1.41	0.025
47	47	1.41	0.025
48	48	1.41	0.025
49	49	1.41	0.025
50	50	1.41	0.025
51	51	1.41	0.025
52	52	1.41	0.025
53	53	1.41	0.025
54	54	1.41	0.025
55	55	1.41	0.024
56	56	1.41	0.024
57	57	1.41	0.024
58	58	1.41	0.024
59	59	1.41	0.024
60	60	1.41	0.024

Tabel 4.6 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Cel 3

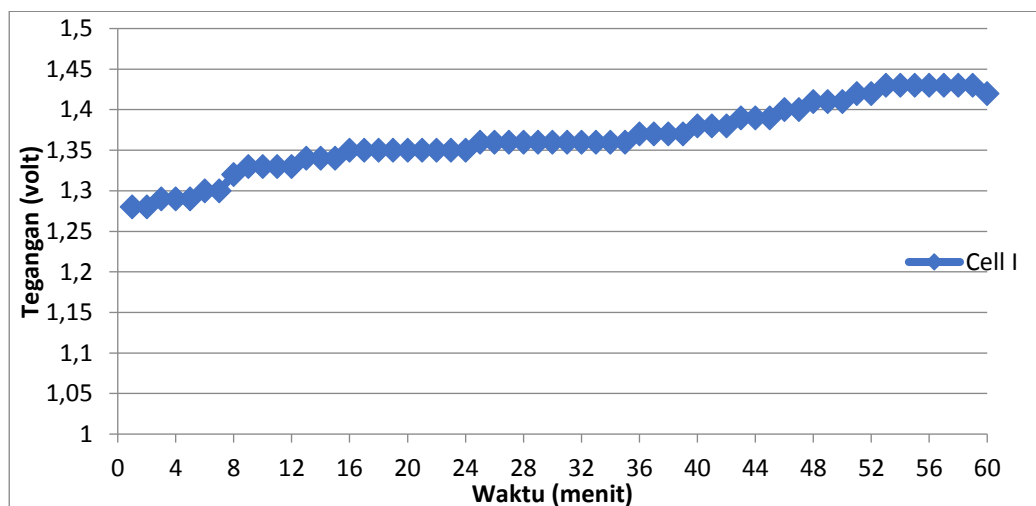
No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	1	1.23	0.03
2	2	1.23	0.03
3	3	1.24	0.03
4	4	1.24	0.03
5	5	1.24	0.03
6	6	1.25	0.03
7	7	1.25	0.03
8	8	1.25	0.029
9	9	1.26	0.029
10	10	1.26	0.029
11	11	1.26	0.029
12	12	1.26	0.029
13	13	1.26	0.029
14	14	1.27	0.029
15	15	1.27	0.029
16	16	1.27	0.029
17	17	1.27	0.029
18	18	1.27	0.029
19	19	1.27	0.029
20	20	1.27	0.029
21	21	1.28	0.029
22	22	1.29	0.028
23	23	1.29	0.028
24	24	1.29	0.028
25	25	1.29	0.028
26	26	1.29	0.028
27	27	1.29	0.028
28	28	1.29	0.028
29	29	1.29	0.028
30	30	1.29	0.028

No.	Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
31	31	1.29	0.028
32	32	1.30	0.027
33	33	1.30	0.027
34	34	1.30	0.027
35	35	1.30	0.027
36	36	1.31	0.027
37	37	1.31	0.027
38	38	1.31	0.027
39	39	1.31	0.027
40	40	1.32	0.027
41	41	1.32	0.027
42	42	1.32	0.027
43	43	1.33	0.027
44	44	1.33	0.027
45	45	1.33	0.027
46	46	1.32	0.027
47	47	1.32	0.025
48	48	1.32	0.025
49	49	1.31	0.025
50	50	1.31	0.025
51	51	1.31	0.025
52	52	1.31	0.025
53	53	1.31	0.025
54	54	1.31	0.025
55	55	1.30	0.025
56	56	1.30	0.025
57	57	1.30	0.025
58	58	1.30	0.025
59	59	1.30	0.025
60	60	1.30	0.025

4.2.3 Analisa Grafik Percobaan II

4.2.3.1 Analisa Grafik Percobaan II Pada Cel 1

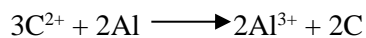
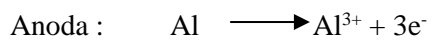
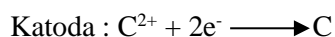
1. Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel I



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 1

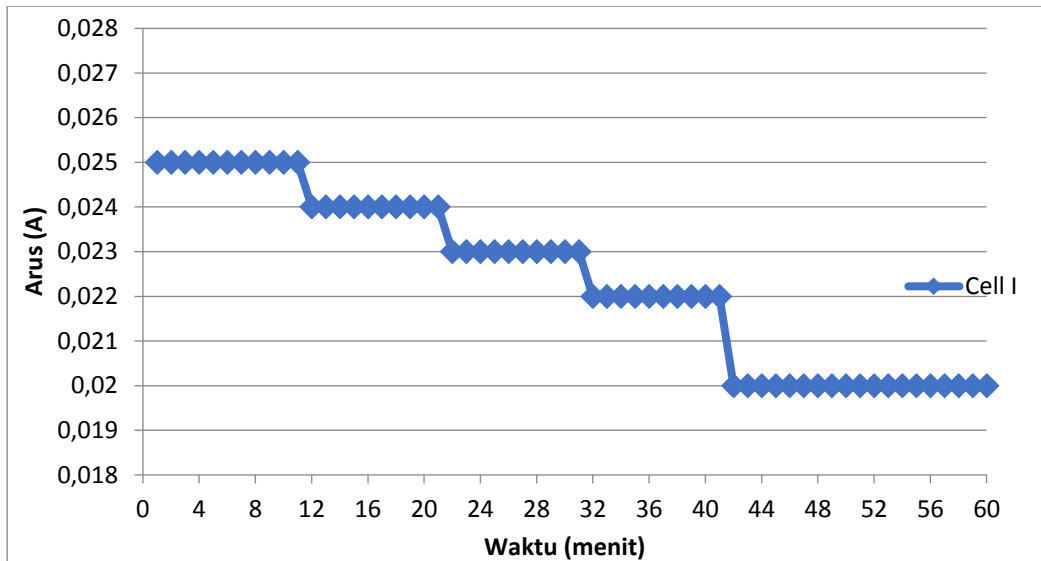
Pada Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa semakin naik waktu terhadap tegangan maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan. Sehingga terdapat hubungan tegangan terhadap waktu yang dimana, pada waktu tertentu akan mengalami puncak kenaikan tegangan, hal ini disebabkan karena pengaruh pada lamanya proses reaksi kimia pada cel. Setelah mengalami puncak kenaikan tegangan, akan berangsur turun nilai tegangan yang dihasilkan karena kadar garam air laut menurun. Sehingga tegangan terbesar adalah 1.43 volt pada saat waktu 55 menit. Sedangkan pada waktu ke-60 menit, nilai tegangan mengalami penurunan menjadi 1.42 volt. Kenaikan terbesar nilai tegangan terjadi pada waktu ke-9 menit sebesar 0.02 volt daripada kenaikan nilai tegangan lainnya sebesar 0.01 volt.

Untuk E sel yang terjadi akibat adanya reaksi elektrokimia pada cel, dimana:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

2. Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 1

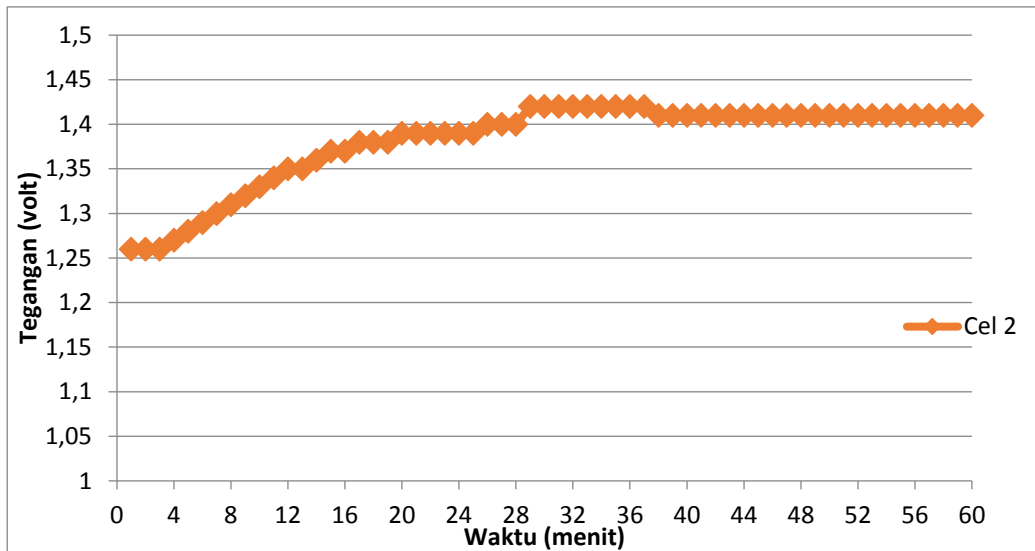


Gambar 4.12 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 1

Pada Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh adanya waktu terhadap arus, dimana makin lama waktu maka arus yang dihasilkan makin kecil. Hal ini disebabkan karena turunnya kadar garam pada air laut. Pengaruh adanya waktu terhadap arus berkaitan dengan hukum faraday I : $Q = I \times t$, dimana hubungan arus dengan waktu berbanding terbalik. Sehingga semakin besar waktunya, maka makin kecil arus listrik yang dihasilkan. Nilai arus yang terbesar terjadi pada saat menit pertama yaitu 0.025 ampere, sedangkan arus terendah sebesar 0.02 ampere pada saat menit terakhir.

4.2.3.2 Analisa Grafik Percobaan II Pada Cel 2

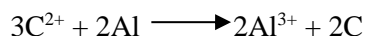
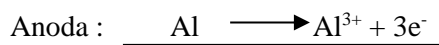
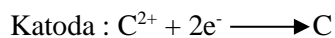
1. Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 2



Gambar 4.13 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 2

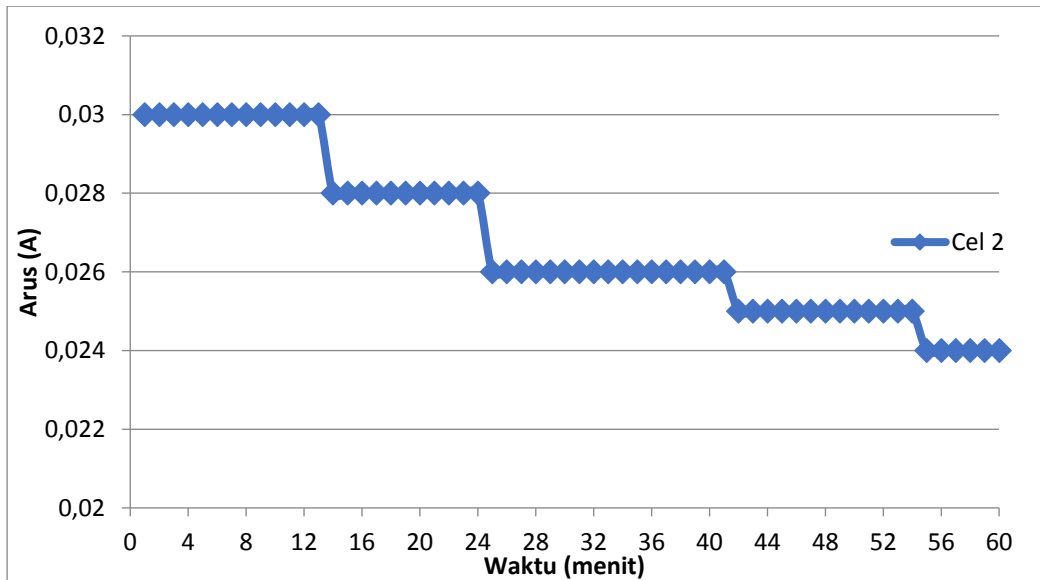
Pada Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa semakin naik waktu terhadap tegangan maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan. Sehingga terdapat hubungan tegangan terhadap waktu yang dimana, pada waktu tertentu akan mengalami puncak kenaikan tegangan, hal ini disebabkan karena pengaruh pada lamanya proses reaksi kimia pada cel. Setelah mengalami puncak kenaikan tegangan, akan berangsur turun nilai tegangan yang dihasilkan karena kadar garam air laut menurun. Sehingga tegangan mengalami hasil terbesar adalah 1.42 volt pada saat waktu ke-29 menit. Namun pada waktu ke-38 menit, nilai tegangan mengalami penurunan menjadi 1.41 volt hingga menit ke-60. Tegangan terendah terjadi pada waktu menit pertama dengan nilai sebesar 1.26 volt. Nilai kenaikan tegangan sebesar 0.01 volt.

Pada cel tersebut terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

2. Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 2

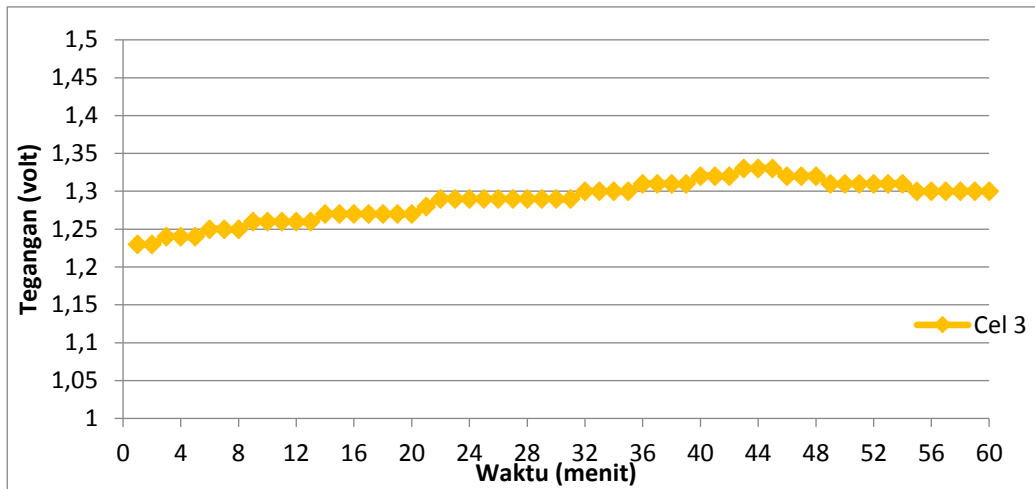


Gambar 4.14 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 2

Pada Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa waktu berpengaruh terhadap arus yang dihasilkan, dimana makin lama waktu maka arus yang dihasilkan makin kecil. Hal ini disebabkan karena turunnya kadar garam pada air laut. Pengaruh adanya waktu terhadap arus berkaitan dengan hukum faraday I : $Q = I \times t$, dimana hubungan arus dengan waktu berbanding terbalik. Sehingga semakin besar waktunya, maka makin kecil arus listrik yang dihasilkan. Nilai arus yang terbesar terjadi pada saat menit pertama yaitu 0.03 ampere, sedangkan arus terendah sebesar 0.024 ampere pada saat menit terakhir.

4.2.3.3 Analisa Grafik Percobaan II Pada Cel 3

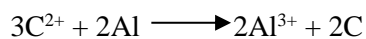
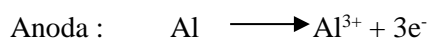
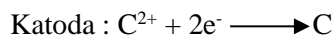
1. Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 3



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Cel 3

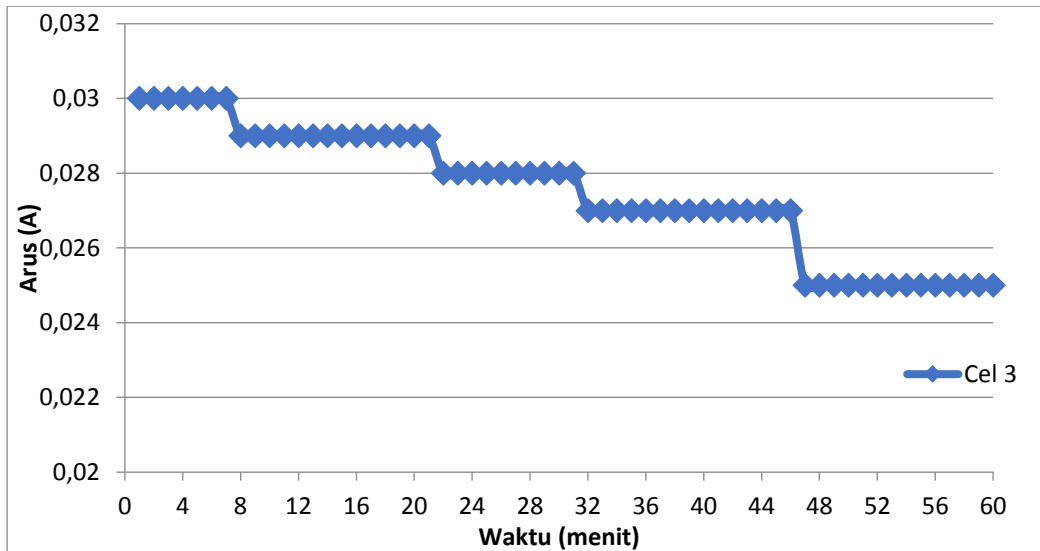
Pada Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa semakin naik waktu terhadap tegangan maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan. Sehingga terdapat hubungan tegangan terhadap waktu yang dimana, pada waktu tertentu akan mengalami puncak kenaikan tegangan, hal ini disebabkan karena pengaruh pada lamanya proses reaksi kimia pada cel. Setelah mengalami puncak kenaikan tegangan, akan berangsur turun nilai tegangan yang dihasilkan karena kadar garam air laut menurun. Sehingga tegangan mengalami hasil terbesar adalah 1.33 volt pada saat waktu ke-43 menit. Sedangkan pada waktu ke-46 menit hingga menit ke-60, nilai tegangan mengalami penurunan menjadi 1.30 volt. Sedangkan nilai tegangan terendah terjadi pada saat waktu pertama sebesar 1.23 volt.

Pada cel tersebut terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

2. Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 3

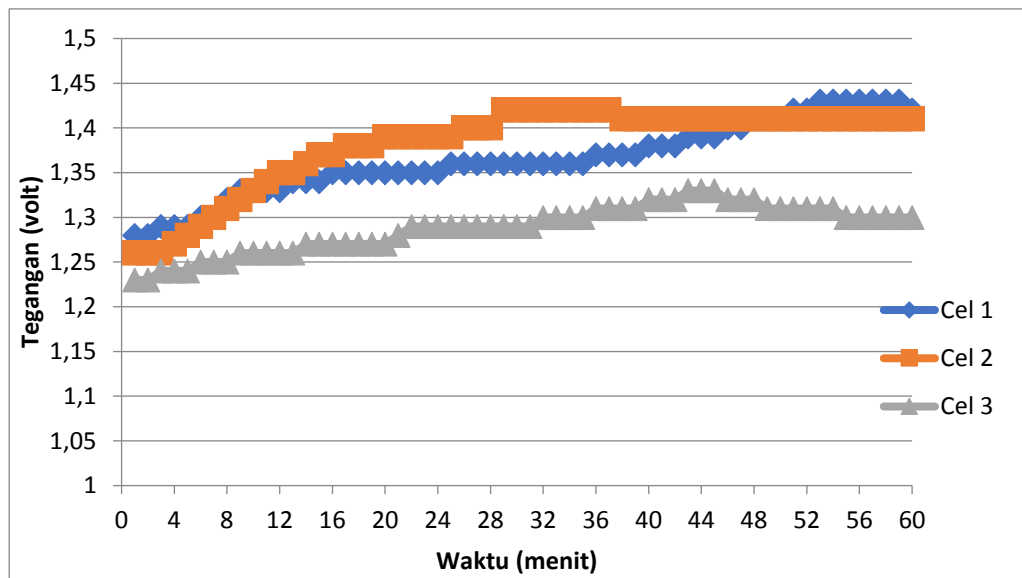


Gambar 4.16 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 3

Pada Gambar 4.16 dapat diketahui adanya pengaruh waktu terhadap arus yang dihasilkan, dimana makin lama waktu maka arus yang dihasilkan makin kecil. Hal ini disebabkan karena turunnya kadar garam pada air laut. Pengaruh adanya waktu terhadap arus berkaitan dengan hukum faraday I : $Q = I \times t$, dimana hubungan arus dengan waktu berbanding terbalik. Sehingga semakin besar waktunya, maka makin kecil arus listrik yang dihasilkan. Nilai arus yang terbesar terjadi pada saat menit pertama yaitu 0.03 ampere, sedangkan arus terendah sebesar 0.025 ampere pada saat menit terakhir.

4.2.3.4 Analisa Grafik Percobaan II Pada Ketiga Cel

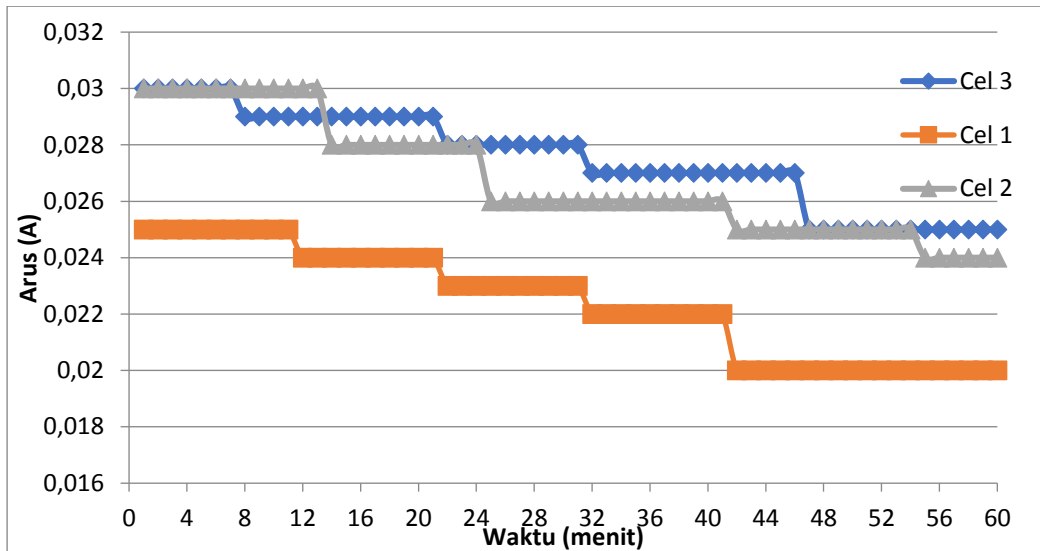
1. Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Ketiga Cel



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Ketiga Cel

Pada Gambar 4.17 dapat diketahui bahwa dari ketiga cel tersebut semakin naik waktu terhadap tegangan maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan. Ini disebabkan adanya proses reaksi kimia dimana semakin lama waktu proses reaksi kimia hasil tegangan yang dihasilkan akan mengalami posisi puncak kenaikan, namun setelah mengalami puncak kenaikan tegangan akan menurun karena menurunnya kadar garam pada air laut. Dari gambar di atas, yang mengalami puncak tertinggi pada cel pertama yaitu dengan 1.43 volt, sedangkan hasil kenaikan terendah pada cel ketiga yaitu 1.33 volt. Namun, dalam hal ini diambil cel kedua yang mengalami puncak kenaikan hingga 1.42 volt lebih cepat pada waktu ke-29 menit dibandingkan dengan ukuran cel lainnya dimana selanjutnya mengalami kesetimbangan tegangan yang dihasilkan.

2. Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Cel 2



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Semua Cel

Pada Gambar 4.18 dapat diketahui adanya pengaruh waktu terhadap arus yang dihasilkan, dimana semakin lama waktunya maka makin kecil arus yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena turunnya kadar garam dari air laut. Pengaruh adanya waktu terhadap arus ini berkaitan dengan hukum faraday I : $Q = I \times t$, dimana hubungan arus dengan waktu berbanding terbalik. Sehingga semakin besar waktunya, maka makin kecil arus listrik yang dihasilkan. Arus yang terbesar dihasilkan oleh cel 2 dan 3 sebesar 0.03 ampere.

Dari percobaan II yang telah dilakukan, dimana variasi ukuran sel terdapat hubungan tegangan dan arus terhadap waktu pada cel. Dari variasi ukuran cel, tidak terdapat pengaruh output listrik yang dihasilkan karena output listrik yang dihasilkan pada masing-masing ukuran cel tidak terlalu besar perbedaannya. Untuk melakukan percobaan III diambil cel kedua, karena tegangan yang dihasilkan untuk mencapai puncak kenaikan lebih cepat dibandingkan dengan ukuran cel lainnya dan mengalami kesetimbangan tegangan yang dihasilkan.

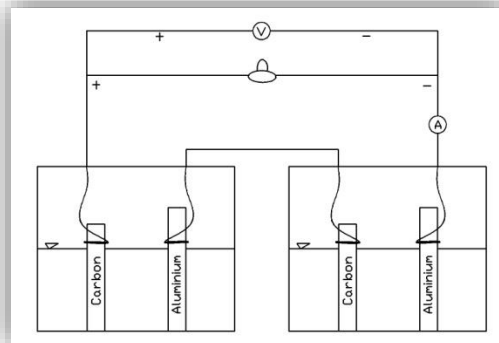
4.3 Percobaan III

Pada percobaan III ini dilakukan dengan mengamati pada cel pengaruh variasi jumlah anoda terhadap output listrik yang dihasilkan dengan disusun secara seri dan paralel. Dengan menggunakan karbon sebagai katoda dan aluminium sebagai anoda.

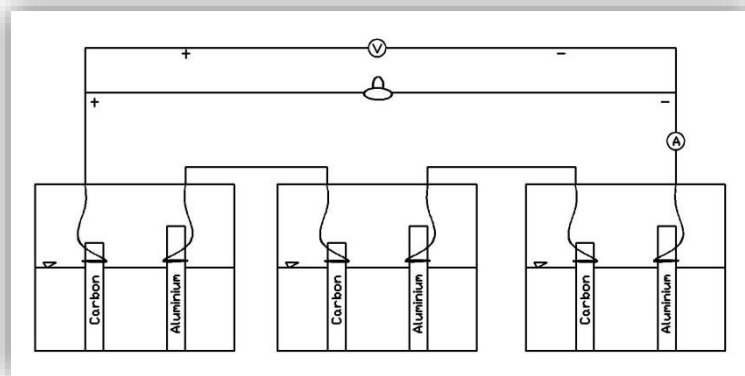
4.3.1 Langkah-langkah Percobaan III

Berikut langkah – langkah percobaan III, antara lain:

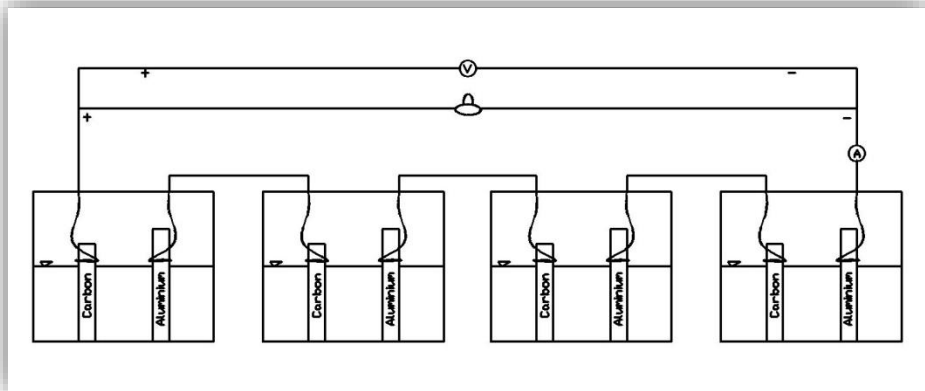
1. Menyiapkan peralatan yang telah ditentukan, seperti kabel sebagai penghubung ke rangkaian, anoda, katoda, lampu, multimeter.
2. Menyusun alat percobaan dengan menghubungkan kabel pada setiap anoda dan katoda.
3. Memberikan variasi yang telah ditentukan dengan disusun seri dan paralel sesuai pada gambar dibawah ini.
 - a. Percobaan Rangkaian Seri



Gambar 4.19 Rangkaian Seri 2 Cel

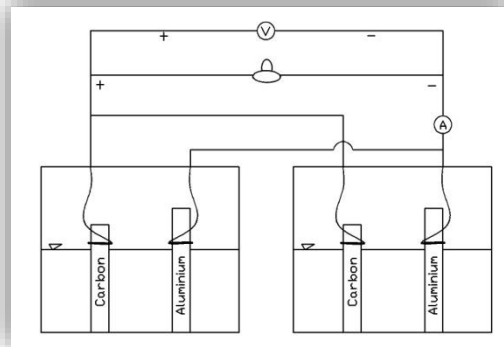


Gambar 4.20 Rangkaian Seri 3 Cel

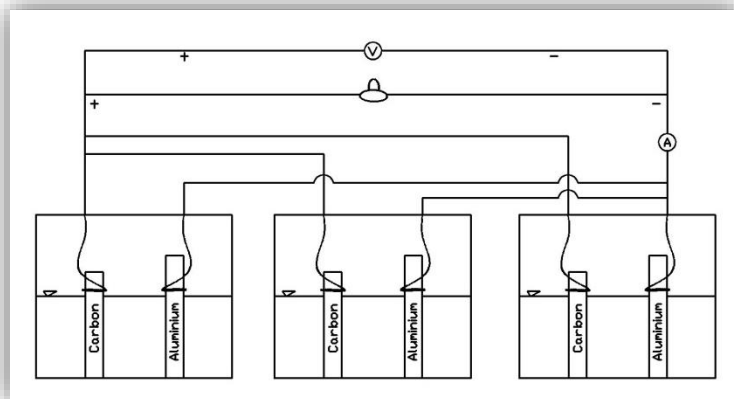


Gambar 4.21 Rangkaian Seri 4 Cel

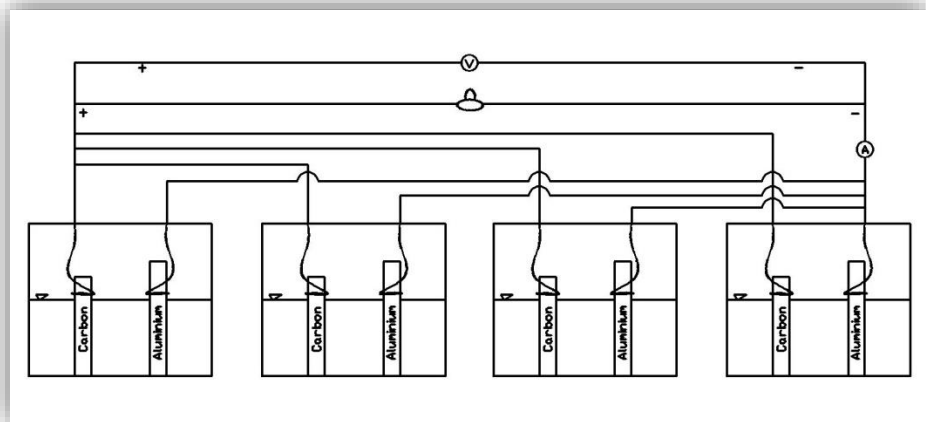
b. Percobaan Rangkaian Paralel



Gambar 4.22 Rangkaian Paralel 2 Cel



Gambar 4.23 Rangkaian Paralel 3 Cel



Gambar 4.24 Rangkaian Paralel 4 Sel



Gambar 4.25 Susunan Percobaan Pada Rangkaian Paralel 3 Anoda

4. Memasang multimeter pada rangkaian
5. Mencatat hasil percobaan

4.3.2 Hasil Pengamatan Percobaan III

4.3.2.1 Hasil Pengamatan Percobaan III Anoda Tunggal

Tabel 4.7 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Seri Anoda Tunggal

Volume (ml)	Ketinggian (cm)	Seri 2 Cel		Seri 3 Cel		Seri 4 Cel	
		Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
200	1.8	2.42	0.05	3.66	0.05	4.62	0.05
400	3.4	2.42	0.05	3.66	0.05	4.62	0.05
600	4.9	2.42	0.05	3.66	0.05	4.62	0.05
800	6.6	2.43	0.05	3.66	0.05	4.62	0.05
1000	8.2	2.43	0.05	3.67	0.05	4.63	0.05
1200	9.8	2.43	0.05	3.67	0.05	4.63	0.05
1400	11.5	2.44	0.05	3.67	0.05	4.63	0.05
1600	13.3	2.45	0.05	3.68	0.05	4.64	0.05
1800	14.8	2.45	0.05	3.68	0.05	4.64	0.05
2000	16.5	2.45	0.05	3.68	0.05	4.64	0.05

Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Paralel Anoda Tunggal

Volume (ml)	Ketinggian (cm)	Paralel 2 Cel		Paralel 3 Cel		Paralel 4 Cel	
		Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
200	1.8	1.24	0.05	1.24	0.06	1.25	0.07
400	3.4	1.24	0.05	1.24	0.06	1.25	0.07
600	4.9	1.24	0.05	1.24	0.06	1.25	0.07
800	6.6	1.24	0.05	1.24	0.06	1.25	0.07
1000	8.2	1.25	0.05	1.25	0.06	1.25	0.07
1200	9.8	1.25	0.05	1.25	0.06	1.26	0.07
1400	11.5	1.25	0.05	1.25	0.06	1.26	0.07
1600	13.3	1.25	0.05	1.26	0.06	1.26	0.07
1800	14.8	1.25	0.05	1.26	0.06	1.26	0.07
2000	16.5	1.25	0.05	1.26	0.06	1.26	0.07

4.3.2.2 Hasil Pengamatan Percobaan III Anoda 2

Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Seri 2 Anoda

Volume (ml)	Ketinggian (cm)	Seri 2 Cel 2 Anoda		Seri 3 Cel 2 Anoda		Seri 4 Cel 2 Anoda	
		Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
200	1.8	2.38	0.05	3.50	0.05	4.36	0.05
400	3.4	2.38	0.05	3.50	0.05	4.36	0.05
600	5	2.38	0.05	3.50	0.05	4.36	0.05
800	6.6	2.38	0.05	3.52	0.05	4.37	0.05
1000	8.2	2.38	0.05	3.52	0.05	4.37	0.05
1200	9.8	2.38	0.05	3.52	0.05	4.37	0.05
1400	11.5	2.38	0.05	3.53	0.05	4.37	0.05
1600	13.3	2.40	0.05	3.53	0.05	4.38	0.05
1800	14.8	2.40	0.05	3.53	0.05	4.38	0.05
2000	16.5	2.40	0.05	3.53	0.05	4.38	0.05

Tabel 4.10 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Paralel 2 Anoda

Volume (ml)	Ketinggian (cm)	Paralel 2 Cel 2 Anoda		Paralel 3 Cel 2 Anoda		Paralel 4 Cel 2 Anoda	
		Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
200	1.8	1.21	0.05	1.22	0.06	1.22	0.07
400	3.4	1.21	0.05	1.22	0.06	1.22	0.07
600	5	1.21	0.05	1.22	0.06	1.22	0.07
800	6.6	1.22	0.05	1.22	0.06	1.23	0.07
1000	8.2	1.22	0.05	1.23	0.06	1.23	0.07
1200	9.8	1.22	0.05	1.23	0.06	1.23	0.07
1400	11.5	1.23	0.05	1.23	0.06	1.24	0.07
1600	13.3	1.23	0.05	1.24	0.06	1.24	0.07
1800	14.8	1.23	0.05	1.24	0.06	1.24	0.07
2000	16.5	1.23	0.05	1.24	0.06	1.24	0.07

4.3.2.3 Hasil Pengamatan Percobaan III Anoda 3

Tabel 4.11 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Seri 3 Anoda

Volume (ml)	Ketinggian (cm)	Seri 2 Cel 3 Anoda		Seri 3 Cel 3 Anoda		Seri 4 Cel 3 Anoda	
		Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
200	1.8	2.34	0.05	3.47	0.05	4.28	0.05
400	3.4	2.34	0.05	3.47	0.05	4.28	0.05
600	5.1	2.34	0.05	3.48	0.05	4.28	0.05
800	6.7	2.34	0.05	3.48	0.05	4.29	0.05
1000	8.2	2.35	0.05	3.48	0.05	4.29	0.05
1200	9.9	2.35	0.05	3.48	0.05	4.29	0.05
1400	11.6	2.35	0.05	3.49	0.05	4.3	0.05
1600	13.3	2.36	0.05	3.49	0.05	4.3	0.05
1800	14.9	2.36	0.05	3.49	0.05	4.3	0.05
2000	16.5	2.36	0.05	3.49	0.05	4.3	0.05

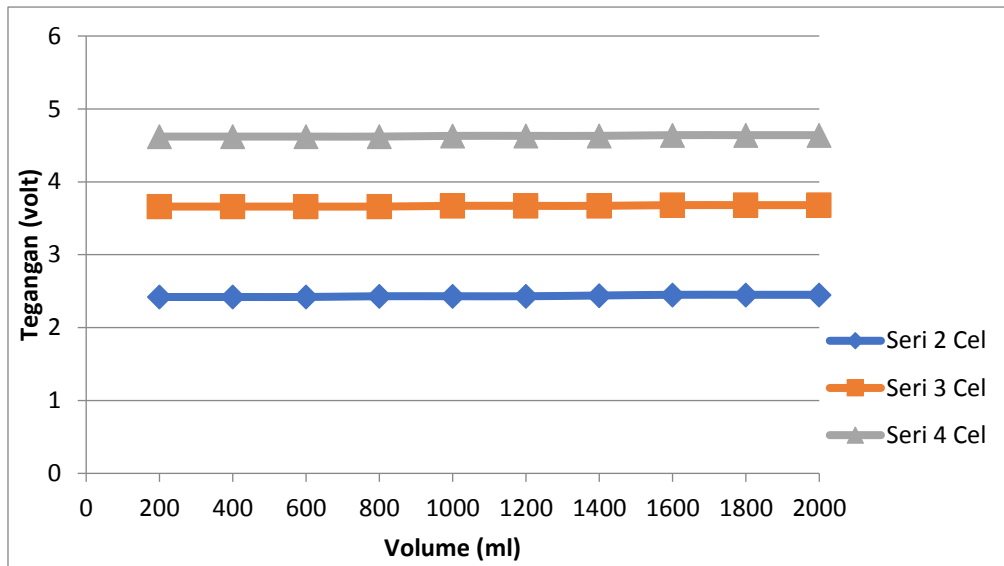
Tabel 4.12 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Paralel 3 Anoda

Volume (ml)	Ketinggian (cm)	Paralel 2 Cel 3 Anoda		Paralel 3 Cel 3 Anoda		Paralel 4 Cel 3 Anoda	
		Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
200	1.8	1.20	0.05	1.20	0.06	1.20	0.07
400	3.4	1.20	0.05	1.20	0.06	1.20	0.07
600	5	1.20	0.05	1.21	0.06	1.21	0.07
800	6.6	1.21	0.05	1.21	0.06	1.21	0.07
1000	8.2	1.21	0.05	1.22	0.06	1.21	0.07
1200	9.8	1.22	0.05	1.22	0.06	1.22	0.07
1400	11.5	1.22	0.05	1.22	0.06	1.22	0.07
1600	13.3	1.23	0.05	1.23	0.06	1.23	0.07
1800	14.8	1.23	0.05	1.23	0.06	1.23	0.07
2000	16.5	1.23	0.05	1.23	0.06	1.24	0.07

4.3.3 Analisa Grafik Percobaan III

4.3.3.1 Analisa Grafik Percobaan III Anoda Tunggal

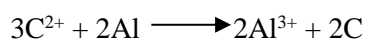
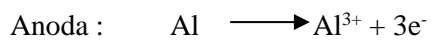
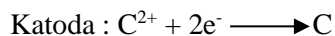
1. Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri Anoda Tunggal



Gambar 4.26 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri Cel

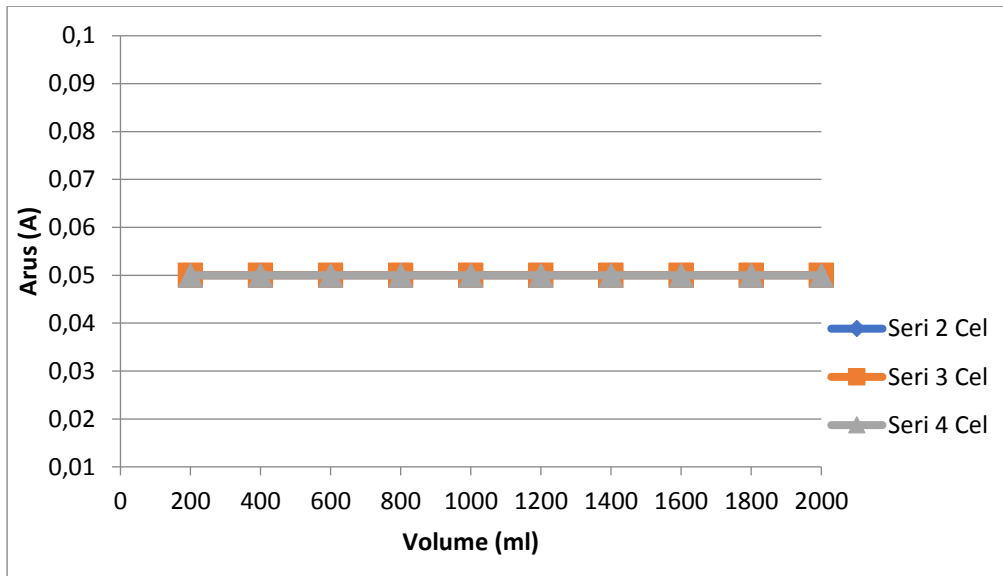
Pada Gambar 4.26 dapat diketahui bahwa penggunaan aluminium anoda tunggal pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan, sesuai dengan hasil grafik diatas. Pengaruh volume air laut pada tegangan berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Dari masing-masing percobaan seri 2, 3, dan 4 sel mengalami kenaikan sebesar 1 – 1.2 volt. Kenaikan tegangan ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana jika suatu rangkaian disusun secara seri maka tegangan akan meningkat. Tegangan terbesar terjadi pada saat disusun seri 4 sel sebesar 4.64 volt.

Pada sel tersebut terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

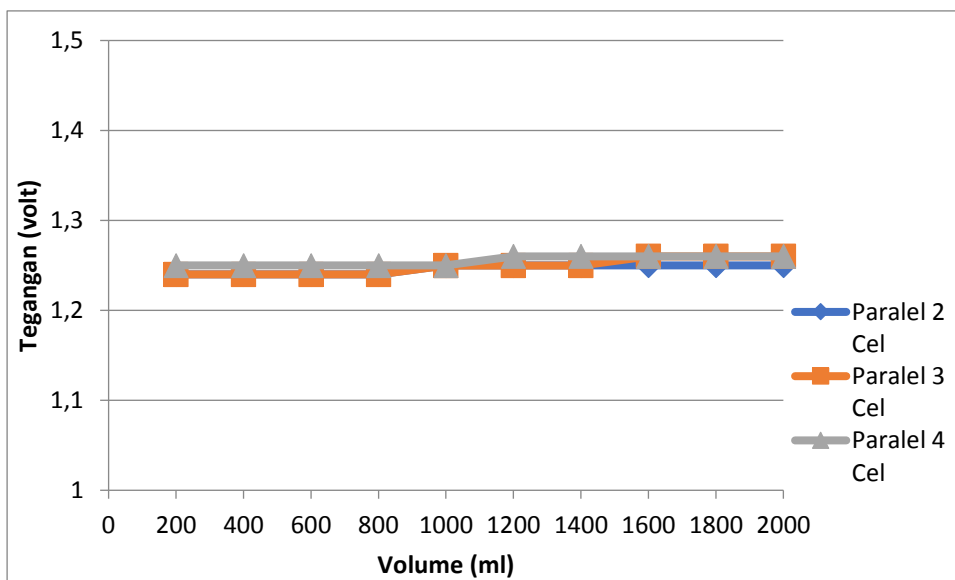
Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri Anoda Tunggal



Gambar 4.27 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri Cel

Pada Gambar 4.27 dapat diketahui bahwa penggunaan aluminium anoda tunggal pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan dengan ditunjukkannya grafik diatas. Pengaruh volume air laut pada arus berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai arus yang dihasilkan pada masing-masing percobaan seri 2, 3, dan 4 cel tidak mengalami kenaikan sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana jika suatu rangkaian disusun secara seri maka tegangan akan bertambah tetapi arus tetap sama. Besar arus yang dihasilkan sebesar pada tiap cel yaitu 0.05 ampere.

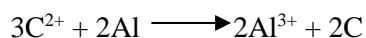
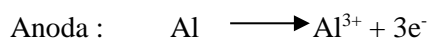
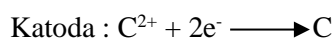
2. Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Paralel Anoda Tunggal



Gambar 4.28 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Paralel Cel

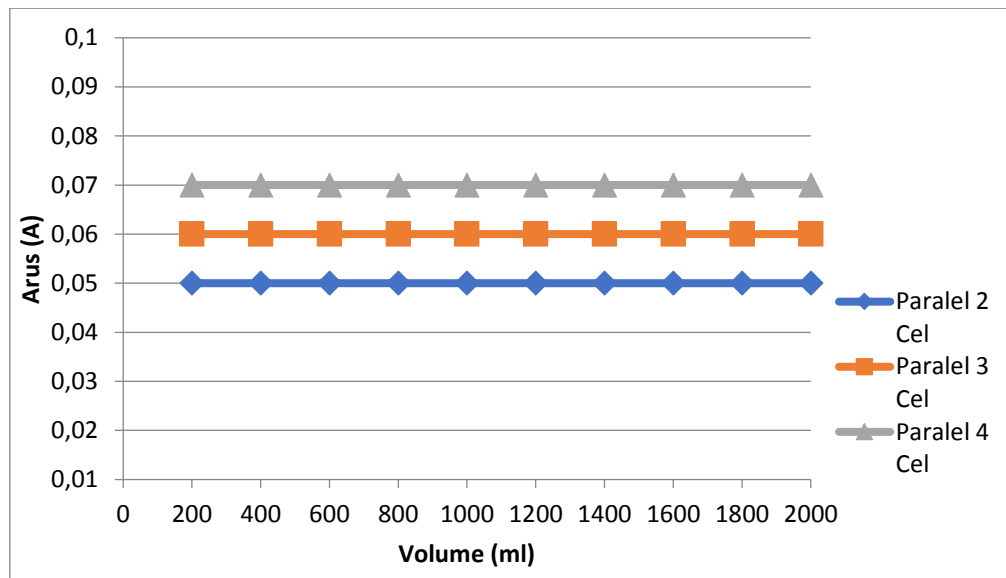
Pada Gambar 4.28 dapat diketahui penggunaan aluminium anoda tunggal pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan. Sesuai pada grafik diatas hasil tegangan terbesar yaitu 1.26 volt. Pengaruh volume air laut pada tegangan berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan rangkaian paralel 2, 3, dan 4 cel tidak mengalami kenaikan. Hal ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana suatu rangkaian disusun secara paralel maka tegangan tidak mengalami kenaikan.

Pada sel tersebut telah terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Anoda Tunggal

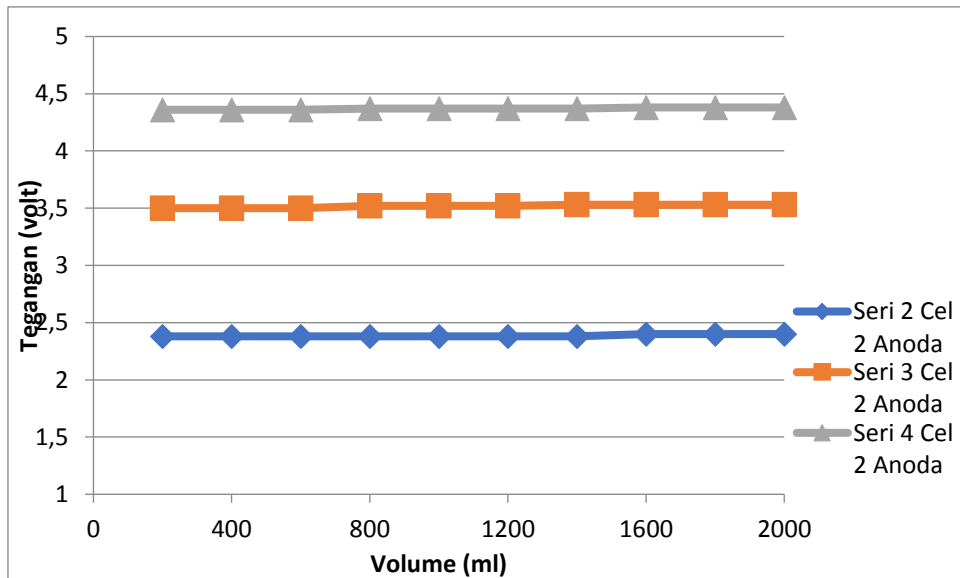


Gambar 4.29 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Cel

Pada Gambar 4.29 dapat diketahui bahwa penggunaan aluminium anoda tunggal pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan dengan ditunjukkannya grafik diatas. Pengaruh volume air laut pada arus berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai arus yang dihasilkan pada masing-masing percobaan paralel 2, 3, dan 4 cel mengalami kenaikan sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana suatu rangkaian disusun secara paralel akan mengakibatkan arus yang dihasilkan akan bertambah namun tegangan yang dihasilkan akan tetap. Pada grafik arus mengalami kenaikan sebesar 0.01 ampere.

4.3.3.2 Analisa Grafik Percobaan III Anoda 2

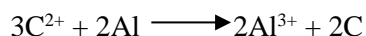
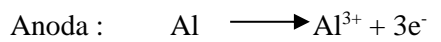
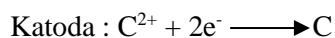
1. Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri Anoda 2



Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri 2 Anoda

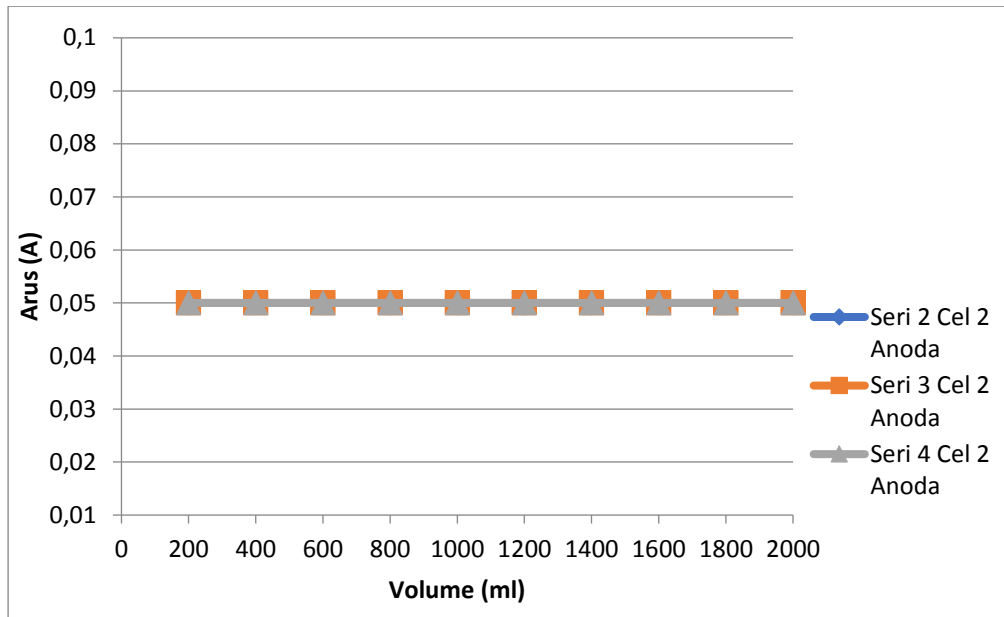
Pada Gambar 4.30 dapat diketahui penggunaan aluminium dua anoda pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan dengan ditunjukkan grafik diatas. Pengaruh volume air laut pada tegangan berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan rangkaian seri 2, 3, dan 4 cel mengalami kenaikan sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana suatu rangkaian jika disusun secara seri akan mengakibatkan tegangan yang dihasilkan meningkat namun arus tetap sama. Sesuai pada grafik diatas, nilai tegangan terbesar yang dihasilkan adalah 4.38 pada saat rangkaian seri 4 cel.

Pada cel tersebut telah terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

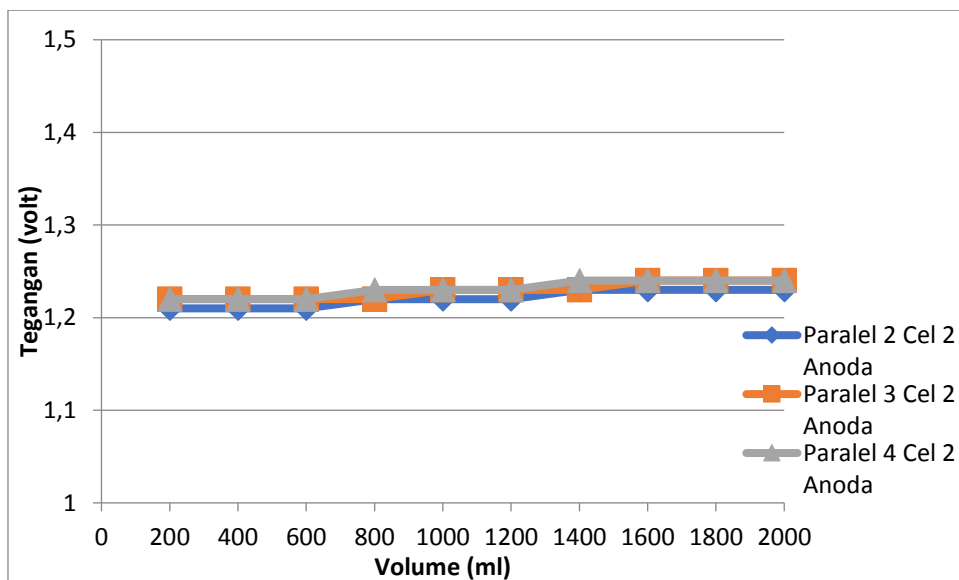
Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri Anoda 2



Gambar 4.31 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri 2 Anoda

Pada Gambar 4.31 dapat diketahui bahwa penggunaan aluminium dua anoda pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan dengan ditunjukkannya grafik diatas. Pengaruh volume air laut pada arus berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai arus yang dihasilkan pada masing-masing percobaan seri 2, 3, dan 4 cel tidak mengalami kenaikan. Hal ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana arus tidak akan mengalami kenaikan pada saat rangkaian disusun secara seri. Besar arus yang dihasilkan sebesar pada tiap cel yaitu 0.05 ampere.

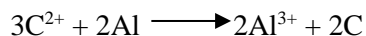
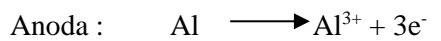
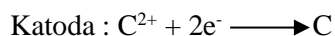
2. Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Paralel Anoda 2



Gambar 4.32 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Paralel Cel 2 Anoda

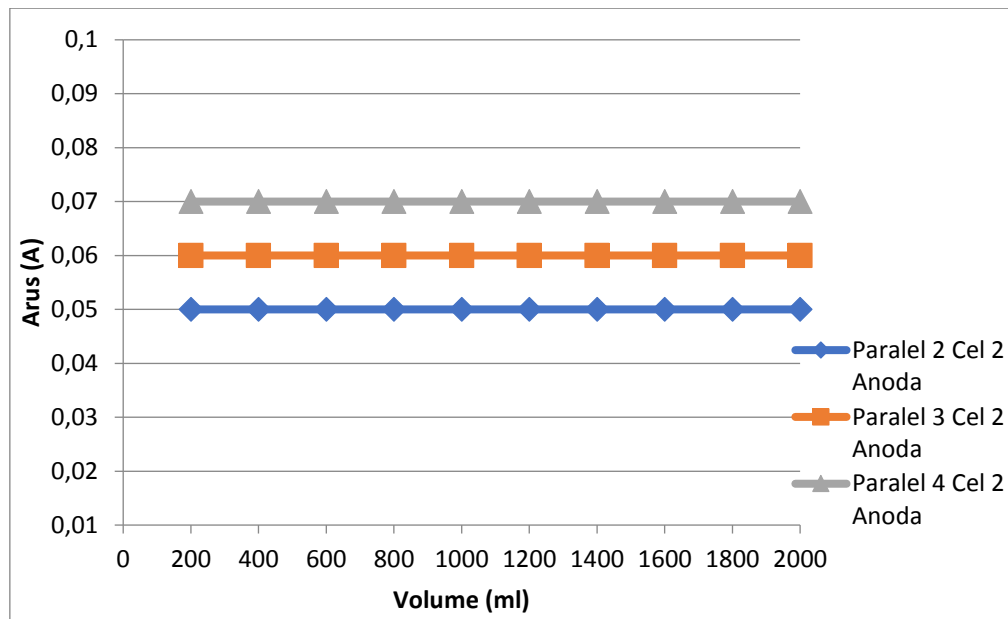
Pada Gambar 4.32 dapat diketahui penggunaan aluminium dua anoda pada sel ada pengaruh volume air laut terhadap tegangan yang dihasilkan. Sesuai pada grafik diatas hasil tegangan terbesar yaitu 1.24 volt. Pengaruh volume air laut pada tegangan berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan rangkaian paralel 2, 3, dan 4 cel tidak mengalami kenaikan, hal ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff. Dimana suatu rangkaian disusun secara paralel, maka tegangan yang dihasilkan tidak mengalami kenaikan.

Pada sel tersebut telah terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Anoda 2

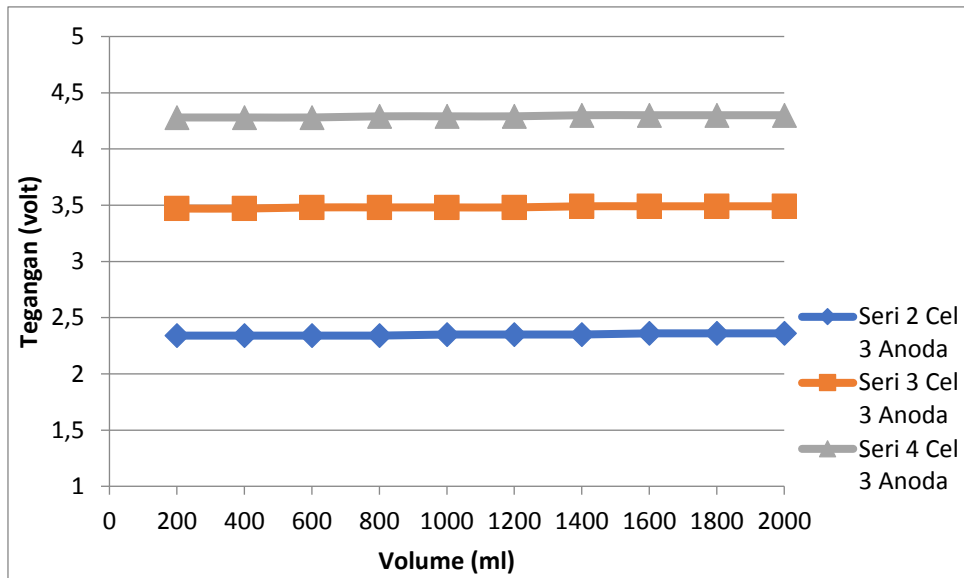


Gambar 4.33 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Cel 2 Anoda

Pada Gambar 4.33 dapat diketahui penggunaan aluminium dua anoda pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan, dimana ditunjukkan dengan grafik diatas sehingga bertambahnya volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan. Pengaruh volume air laut pada arus berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai arus yang dihasilkan pada masing-masing percobaan paralel 2, 3, dan 4 sel mengalami kenaikan. Hal ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana arus akan mengalami kenaikan pada saat rangkaian disusun secara paralel.

4.3.3.3 Analisa Grafik Percobaan III Anoda 3

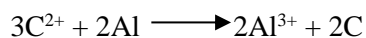
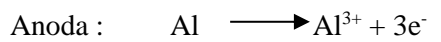
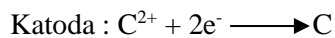
1. Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri Anoda 3



Gambar 4.34 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Seri Cel 3 Anoda

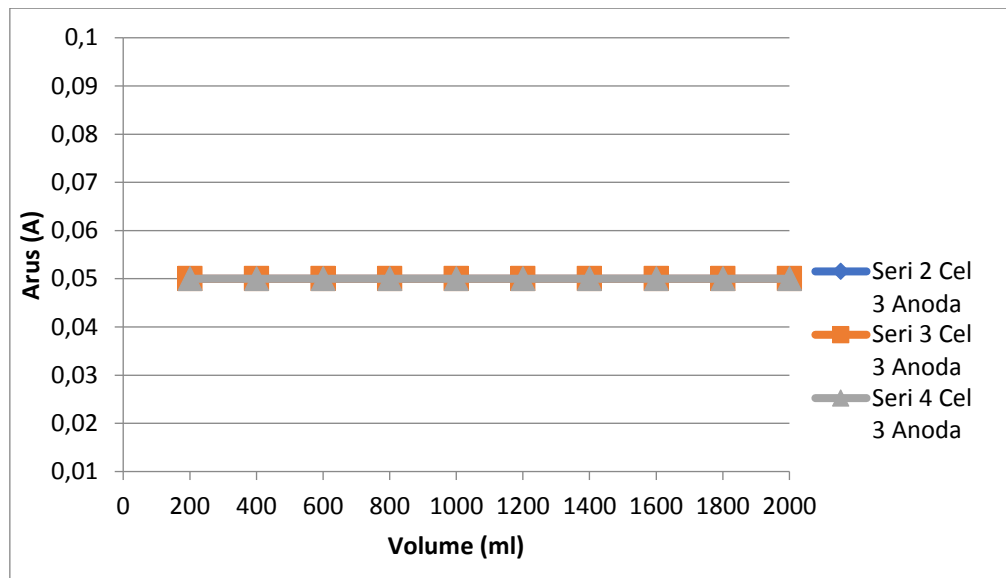
Pada Gambar 4.34 dapat diketahui penggunaan aluminium tiga anoda pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan dengan ditunjukkan grafik diatas. Pengaruh volume air laut pada tegangan berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan rangkaian seri 2, 3, dan 4 cel mengalami kenaikan, hal ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff. Dimana suatu rangkaian disusun secara seri maka tegangan yang dihasilkan akan meningkat. Sesuai pada grafik diatas, nilai tegangan terbesar yang dihasilkan adalah 4.3 saat rangkaian seri 4 cel.

Pada cel tersebut telah terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, Esel = Ekatoda – Eanoda

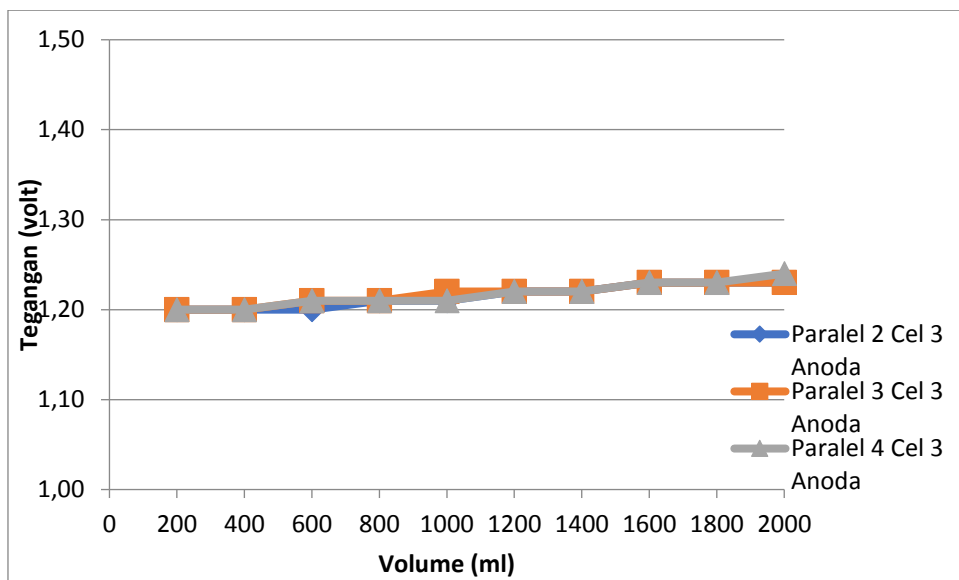
Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri Anoda 3



Gambar 4.35 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Seri 3 Anoda

Pada Gambar 4.35 dapat diketahui bahwa aluminium tiga anoda pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan dengan ditunjukkannya grafik diatas. Pengaruh volume air laut pada arus berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Nilai arus yang dihasilkan pada reaksi elektrokimia pada masing-masing percobaan rangkaian seri 2, 3, dan 4 cel tidak mengalami kenaikan sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana arus tidak akan mengalami kenaikan pada saat rangkaian seri. Nilai arus pada masing-masing cel, yaitu 0.05 ampere.

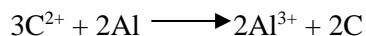
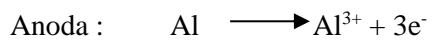
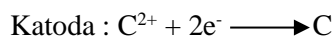
2. Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Paralel Anoda 3



Gambar 4.36 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Paralel Cel 3 Anoda

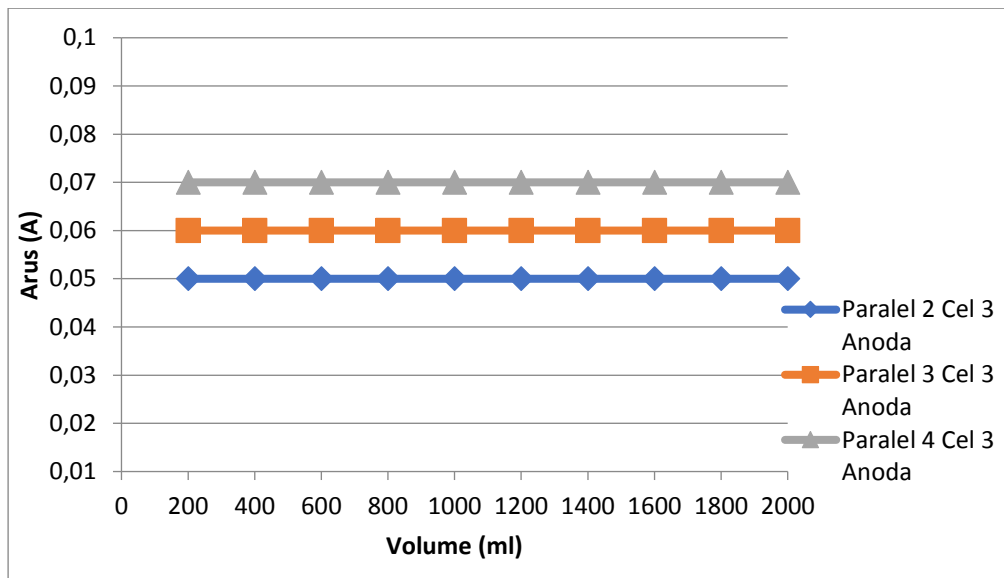
Pada Gambar 4.36 dapat diketahui aluminium tiga anoda pada sel ada pengaruh volume air laut terhadap tegangan yang dihasilkan. Sesuai pada grafik diatas hasil tegangan terbesar yaitu 1.24 volt. Pengaruh volume air laut pada tegangan berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai tegangan pada masing-masing percobaan rangkaian paralel 2, 3, dan 4 cel tidak mengalami kenaikan, hal ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff. Dimana jika suatu rangkaian disusun secara paralel, maka tegangan yang dihasilkan tidak mengalami kenaikan.

Pada sel tersebut telah terjadi adanya reaksi elektrokimia sehingga untuk E sel seperti berikut ini:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Anoda 3

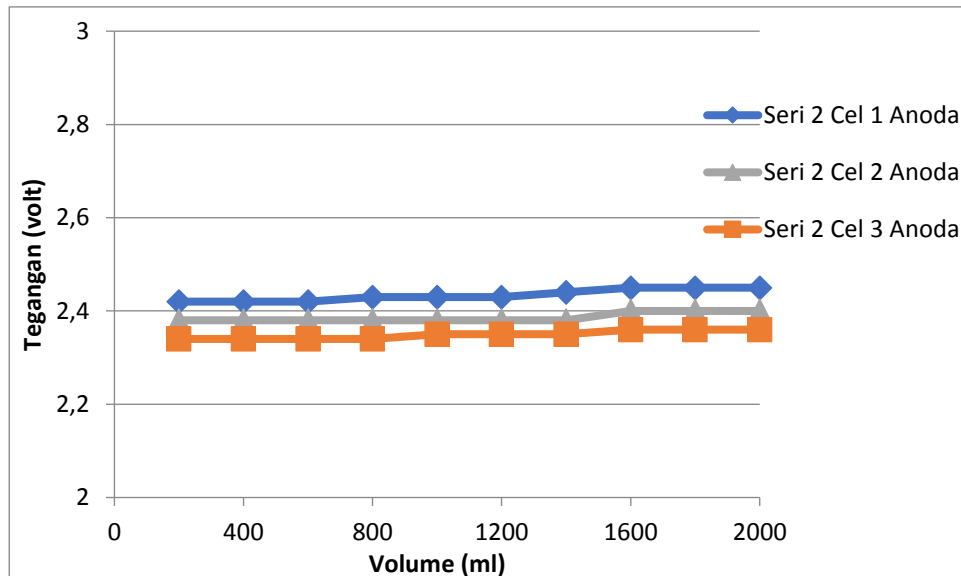


Gambar 4.37 Grafik Hubungan Volume Terhadap Arus Pada Rangkaian Paralel Cel 3 Anoda

Pada Gambar 4.37 dapat diketahui aluminium tiga anoda pada sel terhadap volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan dengan ditunjukkan grafik diatas sehingga bertambahnya volume air laut berpengaruh pada arus yang dihasilkan. Pengaruh volume air laut pada arus berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan nilai arus yang dihasilkan pada masing-masing percobaan paralel 2, 3, dan 4 cel mengalami kenaikan. Hal ini sesuai berdasarkan hukum kirchoff, dimana arus akan mengalami kenaikan pada saat rangkaian disusun secara paralel.

4.2.3.4 Analisa Grafik Percobaan III Anoda

1. Hubungan Tegangan Terhadap Volume Pada Rangkaian Seri Variasi Anoda



Gambar 4.38 Grafik Hubungan Volume Terhadap Tegangan Pada Rangkaian Seri Variasi Anoda

Pada Gambar 4.38, dapat diketahui hubungan tegangan terhadap volume pada setiap variasi anoda berpengaruh pada hasil output yang dihasilkan. Pengaruh volume air laut pada tegangan berhubungan dengan teori kapasitansi. Dimana, muatan listrik dapat tersimpan bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup. Sehingga semakin tinggi volume air laut, maka semakin tinggi output listrik yang dihasilkan. Sedangkan pada setiap variasi anoda terhadap tegangan yang dihasilkan terdapat pengaruh, dimana semakin banyak anoda semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Hal ini sesuai berdasarkan hukum hambatan: $R = \rho L/A$. Sehingga semakin besar jumlah anoda semakin kecil pula tegangan yang dihasilkan dan sebaliknya. Dapat dilihat pada grafik saat anoda tunggal memiliki tegangan 2.45 volt sedangkan pada saat 3 anoda sebesar 2.36.

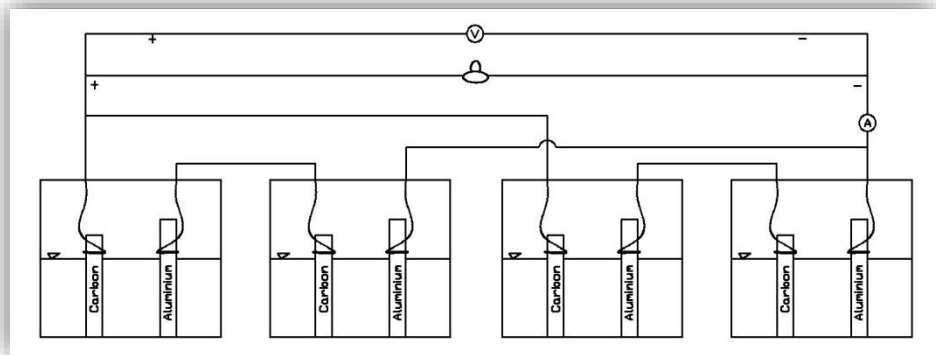
4.4 Percobaan IV

Pada percobaan IV ini dilakukan dengan mengamati pada cel pengaruh waktu terhadap output listrik yang dihasilkan dengan disusun secara campuran. Dengan menggunakan karbon sebagai katoda dan aluminium sebagai anoda.

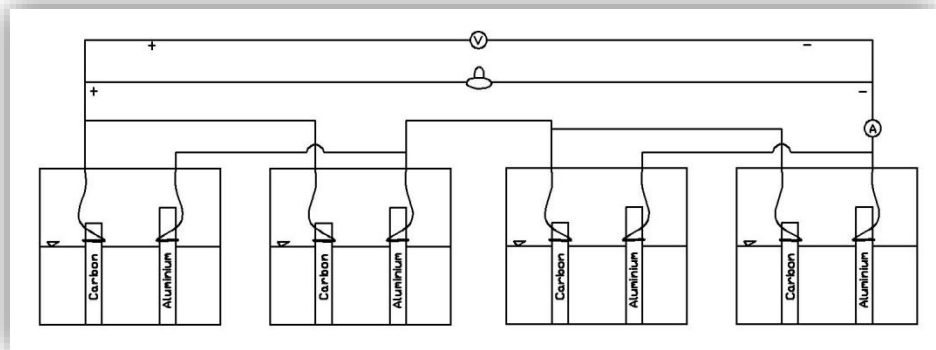
4.4.1 Langkah-langkah Percobaan IV

Berikut langkah – langkah percobaan IV, antara lain:

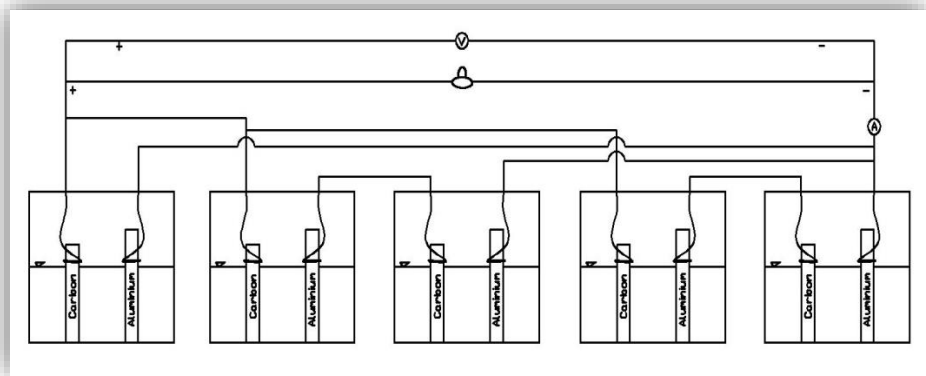
1. Menyiapkan peralatan yang telah ditentukan, seperti kabel sebagai penghubung ke rangkaian, anoda, katoda, lampu, multimeter
2. Menyusun alat percobaan dengan menghubungkan kabel pada setiap anoda dan katoda, seperti rangkaian dibawah ini.
3. Memasang multimeter pada rangkaian yang disusun dengan rangkaian campuran, seperti pada gambar dibawah ini.



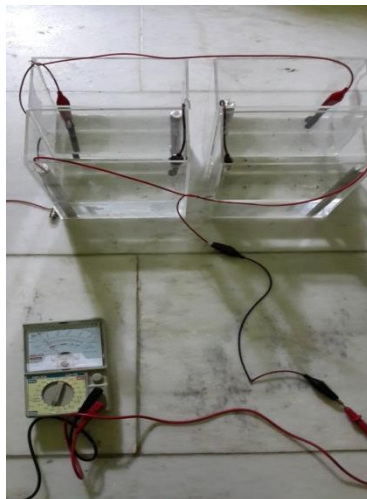
Gambar 4.39 Rangkaian 2 Seri 1 Paralel



Gambar 4.40 Rangkaian 1 Seri 2 Paralel



Gambar 4.41 Rangkaian 2 Seri 2 Paralel



Gambar 4.42 Susunan Percobaan Pada Rangkaian 2 Seri 1 Paralel

4. Mencatat hasil percobaan
5. Menganalisa hasil percobaan

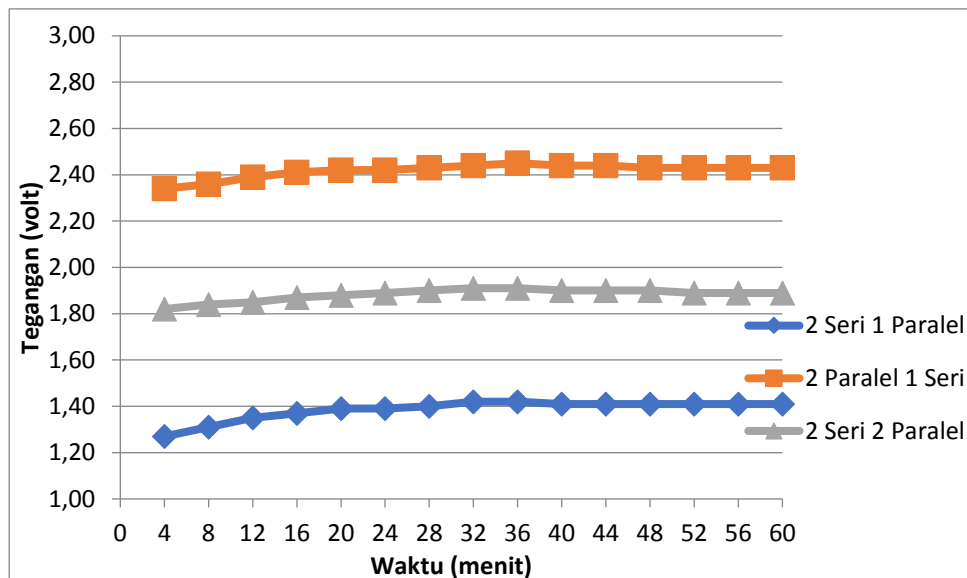
4.4.2 Hasil Pengamatan Percobaan IV

Tabel 4.13 Hasil Pengamatan Percobaan Pada Rangkaian Campuran Cel

Waktu	2 Seri 1 Paralel		2 Paralel 1 Seri		2 Seri 2 Paralel	
(menit)	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)
4	1.27	0.035	2.34	0.035	1.82	0.035
8	1.31	0.035	2.36	0.035	1.84	0.035
12	1.35	0.033	2.39	0.033	1.85	0.033
16	1.37	0.033	2.41	0.033	1.87	0.033
20	1.39	0.033	2.42	0.033	1.88	0.030
24	1.39	0.030	2.42	0.030	1.89	0.030
28	1.40	0.030	2.43	0.030	1.90	0.030
32	1.42	0.030	2.44	0.028	1.91	0.028
36	1.42	0.028	2.45	0.028	1.91	0.028
40	1.41	0.028	2.44	0.028	1.90	0.025
44	1.41	0.028	2.44	0.025	1.90	0.025
48	1.41	0.028	2.43	0.025	1.90	0.025
52	1.41	0.025	2.43	0.025	1.89	0.025
56	1.41	0.025	2.43	0.025	1.89	0.025
60	1.41	0.025	2.43	0.025	1.89	0.025

4.4.3 Analisa Grafik Percobaan IV

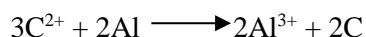
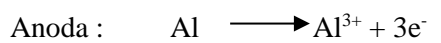
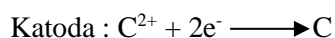
1. Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Rangkaian Campuran Cel



Gambar 4.43 Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Rangkaian Campuran Cel

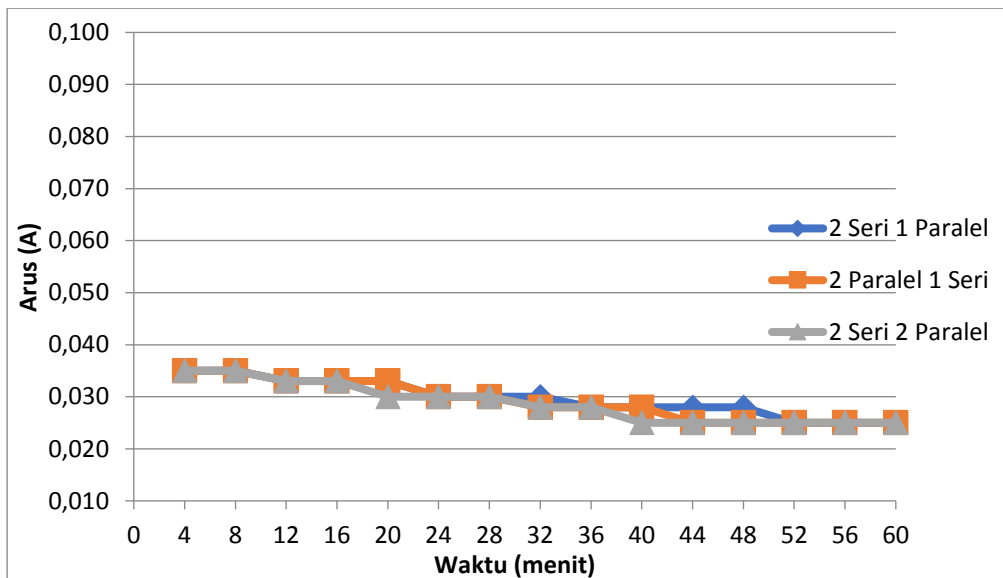
Pada Gambar 4.43 dapat diketahui bahwa semakin naik waktu terhadap tegangan maka semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan. Ada hubungan tegangan terhadap waktu yang dimana pada waktu tertentu akan mengalami puncak kenaikan tegangan, hal ini disebabkan karena pengaruh pada lamanya proses reaksi kimia pada cel. Setelah mengalami puncak kenaikan tegangan, akan berangsur turun nilai tegangan yang dihasilkan karena kadar garam air laut menurun. Sehingga tegangan terbesar adalah 2.45 volt pada saat cel disusun secara 2 paralel 1 seri. Sedangkan nilai tegangan yang rendah dihasilkan pada saat cel disusun secara 2 seri 1 paralel.

Untuk E sel yang terjadi akibat adanya reaksi elektrokimia pada cel, dimana:



Dimana berdasarkan hukum redoks, $E_{\text{sel}} = E_{\text{katoda}} - E_{\text{anoda}}$

2. Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Rangkaian Campuran Cel



Gambar 4. 44 Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Pada Rangkaian Campuran Cel

Pada Gambar 4.44 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh adanya waktu terhadap arus, dimana makin lama waktu maka arus yang dihasilkan makin kecil. Hal tersebut sesuai pada grafik yang semakin menurun terhadap waktu. Hal ini berdasarkan hukum faraday I : $Q = I \times t$, dimana semakin besar waktu semakin kecil arus yang dihasilkan. Penurunan arus tersebut disebabkan karena turunnya kadar garam pada air laut. Nilai arus yang terbesar pada saat menit pertama yaitu 0.035 ampere, sedangkan arus terendah sebesar 0.025 ampere pada saat menit terakhir.

4.5 Penerapan Pada Kapal 30 GT

Penerapan baterai aluminium direncanakan di kapal nelayan berukuran 30 GT dengan peralatan tangkap berjenis *purse seine* dengan dimensi kapal pada tabel 4.14 seperti dibawah ini:

Tabel 4.14 Dimensi Utama Kapal Ikan 30 GT

Type Kapal	Fishing Vessel	
Panjang (Lpp)	19	m
Panjang (Lwl)	21.5	m
Panjang (LOA)	23	m
Lebar (B)	5	m
Tinggi Geladak (H)	1.6	m
Sarat Air (T)	1.1	m
Kecepatan (Vs)	9	knot

Dalam hal ini, penerapan baterai aluminium pada kapal ikan tipe *purse seine* 30 GT ini direncanakan untuk menyuplai kebutuhan listrik yang terletak di *navigation deck*. Data kebutuhan listrik di navigation deck seperti pada tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4.15 Data Kebutuhan Listrik Di Kapal

Peralatan	Total	Load		Berlayar		Berlabuh	
		Input (W)	Output (W)	Continu (W)	Intermitten (W)	Continu (W)	Intermitten (W)
1 Penerangan							
- Lampu Emergency	4	15	15		60		60
- Lampu Tiang	1	25	25	25			25
- Lampu Lambung Kiri dan Kanan	2	25	25	50			50
- Lampu Buritan	1	25	25	25			25
2 Navigasi	1						
- Fish inder	1	20	20	20			
- GPS	1	12	12	12			
- Radio Komunikasi	1	100	100	100			
Sub Total Electrical	Continous Load			232			160
	Intermitten Load				60		

4.6 Kebutuhan Jumlah Cel Aluminium

Dalam menentukan kebutuhan jumlah cel aluminium, dari percobaan menggunakan variasi cel dan dipilih menggunakan cel 2 dengan ukuran 15 cm x 7.5 cm x 20 cm. Pada penentuan voltase menggunakan acuan dari aki yaitu, 24 V 2 A. Hasil percobaan aluminium anoda menghasilkan tegangan 1.42 volt dengan arus menggunakan 2 ampere mengacu pada kapasitas arus aluminium.

Maka, diketahui:

$$1 \text{ cel Aluminium} = 1.42\text{V } 2\text{A}$$

Sehingga, acuan baterai 24 V

$$= 24 / 1.42$$

$$= 17 \text{ cel} \quad \Rightarrow = 17 \times 1.42 = 24.14 \text{ volt}$$

Daya pada 17 cel = $V \times I$

$$= 24.14 \text{ volt} \times 2 \text{ ampere}$$

$$= 48.28 \text{ Watt}$$

1 blok terdiri 17 cel dengan daya yang dihasilkan 48.28 Watt

Pada kapal ini, kebutuhan daya sebesar 232 W dengan lama pelayaran 9 jam membuthkam daya sebesar:

$$= 232 \times 9$$

$$= 2088 \text{ Wh}$$

Sehingga, jumlah blok yang dibutuhkan

$$= 2088 / 48.28$$

$$= 44$$

Maka untuk mencapai daya 2088 Wh, dibutuhkan jumlah 44 blok.

1 blok = 17 cel, terdapat 44 blok

$$= 44 \times 48.28$$

$$= 2124.32 \text{ Wh}$$

Maka, 44 blok = 44×17

$$= 748 \text{ cel}$$

Sehingga, dari 44 blok aluminium menghasilkan daya 2124.32 Wh dengan total 748 cel

Kebutuhan suplai arus di kapal, adalah

Dimana: $P = 2124.32 \text{ W}$

$$V = 24 \text{ V}$$

Maka, $I = P / V$

$$= 2124.32 / 24$$

$$= 88.51 \text{ Ah} \quad (\text{selama 9 jam})$$

Sehingga, untuk kebutuhan satu jam suplai arusnya adalah

$$= 88.51 / 9$$

$$= 8.05 \text{ Ah}$$

Dari perhitungan diatas, maka 1 blok terdiri 17 cel dengan 1 blok menghasilkan daya sebesar 48.28 W. Kapal direncanakan berlayar selama 9 jam dengan membutuhkan daya sebesar 2088 Wh, maka untuk mencapai daya sebesar itu dibutuhkan 44 blok 748 sel dengan daya yang dihasilkan sebesar 2124.32 Wh. Serta suplai arus sebesar 88.51 Ah dan setiap jamnya 8.05 Ah.

4.6.1 Perhitungan Dimensi Aluminium Baterai

Pada hasil pengamatan percobaan telah dipilih cel 2 sebagai tempat terjadinya reaksi elektrokimia antara anoda dan katoda dengan larutan elektrolit air laut dengan dimensi 15 cm x 7.5 cm x 20 cm. Kebutuhan jumlah cel aluminium baterai keseluruhan adalah 748 cel. Maka dalam menentukan dimensi aluminium baterai, yaitu:

Dimensi cel = $P \times L \times T$

$$= 15\text{cm} \times 7.5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

Terdapat 44 blok, dengan 1 blok = 17 cel

$$17 \text{ cel} = 17 \times 15 \text{ cm} \times 7.5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

$$= 255 \text{ cm} \times 7.5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

Maka, panjang aluminium baterai adalah 255 cm

Sedangkan, lebar aluminium baterai dengan 22 blok

$$22 \text{ blok} = 255 \text{ cm} \times (22 \times 7.5 \text{ cm}) \times 20 \text{ cm}$$

$$= 255 \text{ cm} \times 165 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

Sehingga, dimensi dari aluminium baterai ini adalah 255 cm x 165 cm x 20 cm

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian aluminium pada berbagai variasi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan aluminium sebagai anoda untuk energi listrik alternatif dengan pemanfaatan air laut sebagai larutan elektrolit dapat menghasilkan tegangan dan arus. Sehingga, aluminium dapat dimanfaatkan sebagai anoda untuk energi listrik alternatif.
2. Variasi ukuran sel terhadap volume air laut berpengaruh pada besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan. Pengaruh volume pada output listrik yang dihasilkan sesuai dengan teori kapasitansi. Dari teori kapasitansi, muatan listrik yang tersimpan pada elektroda bergantung pada luas permukaan elektroda yang tercelup.. Sehingga, semakin besar volume air laut, maka nilai output listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Sedangkan variasi sel yang dilakukan terhadap waktu selama 1 jam terdapat pengaruh tegangan yang dihasilkan dimana semakin lama waktu, maka tegangan akan mengalami puncak kenaikan. Sebaliknya, waktu terhadap arus yang dihasilkan semakin lama akan menurun. Dalam hal ini, dipilih sel 2 dengan dimensi 15 cm x 7.5 cm x 20 cm dengan tegangan sebesar 1.42 volt dan arus sebesar 2 ampere.
3. Variasi jumlah anoda berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan, hal tersebut dilihat pada hasil percobaan dimana semakin banyak anoda semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Aluminium baterai ini menyuplai kebutuhan listrik di *navigation deck* untuk penerangan dan alat navigasi di kapal ikan tipe *purse seine* 30 GT dengan pelayaran selama 9 jam memerlukan 44 blok sel yang diparalel serta menghasilkan daya sebesar 2124.32 Wh. Dimana setiap setiap blok sel terdiri 17 sel yang disusun secara seri. Dimensi aluminium baterai yang direncanakan 255 cm x 165 cm x 20 cm.

5.2. Saran

1. Perlu memperhatikan kondisi lingkungan praktikum sehingga output listrik yang dihasilkan lebih besar.
2. Dilakukan pengukuran salinitas air laut sehingga dapat mengetahui kadar garam air laut yang berpengaruh pada output listrik yang dihasilkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”


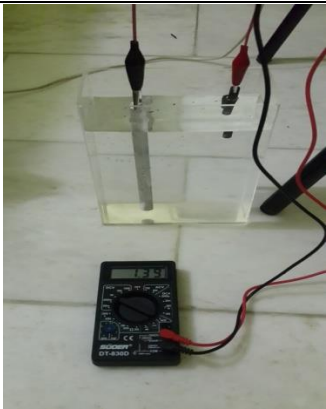


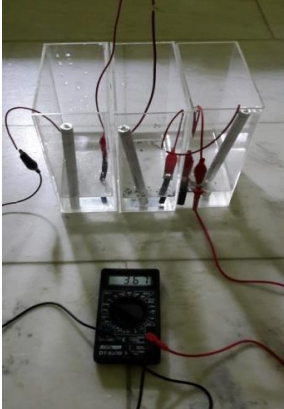
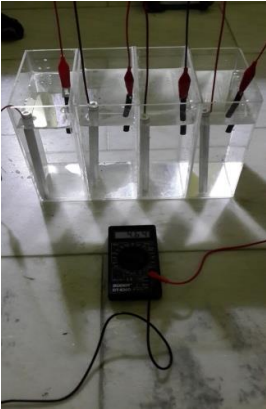
DAFTAR PUSTAKA

- Anoname. 1992. *ASM Handbook Volume 9. Metallography and Microstructure*. Amerika: ASM International.
- Jatmiko, Sukanto. 2009. *Studi Komparasi Proteksi Kathodik Antara Anoda Zink Dengan Anoda Aluminium Setelah Diaplikasikan Pada Tug Boat Universal Dan Tug Boat Mariner*. Semarang: Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro.
- Kaisheva, Anastassia. 2005. *Metal-Air Batteries: Research, Development, Application*. Proceedings of the International Workshop "Portable and Emergency Energy Sources – from Materials to Systems" 16 – 22 Sept. 2005, Primorsko, Bulgaria
- Kuznetsov, M. *Fundamental Of Electrical Engineering*. Moskow: Peace Publisher.
- Li, Qinfeng, dkk. 2001. *Aluminium as Anode for Energy Storage and Conversion: a Review*. Lyngby: Material Science Group, Department of Chemistry, Technical Of Denmark.
- Sodikin, Nanang, dkk. 2013. *Representasi Makroskopik Submikroskopik dan Prinsip Kerja Sel Elektrokimia*. Jurnal Universitas Negeri Malang Vol. 2 No. 1.
- Shen, P. K, dkk. 1993. *Development of an Aluminium/Sea Water Battery for Sub-sea Applications*. Colchester: Chemical Energy Research Centre, Department of Chemistry and Biological Chemistry, University of Essex.
- Tang, Yougen, dkk. 2004. *The Effect of Zink On The Aluminium Anode of The Aluminium-Air Battery*. Changsha: Institute of Chemical Power Source and Material, Central South University, China.
- Utama, D. N. B. 2016. *Perencanaan Energi Listrik Alternatif Tenaga Air Laut Dengan Menggunakan Magnesium Sebagai Anoda Untuk Penerangan Alternatif Pada Kapal Nelayan*. Surabaya: Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yang, Shaohua, dkk. 2002. *Design and Analysis of Aluminium/Air Battery System for Electric Vehicles*. Kingston: Department of Chemical Engineering, University of Rhode.
- Yulianti, Devi. 2016. *Analisi Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Lampung: Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

A. Foto Praktikum

	
Foto Percobaan Pada Cel 1	Foto Percobaan Pada Cel 2
	
Foto Percobaan Pada Cel 3	Foto Percobaan Seri 2 Cel
	
Foto Percobaan Seri 3 Cel	Foto Percobaan Seri 4 Cel

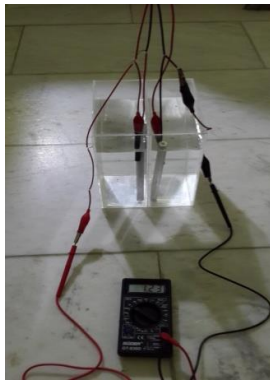
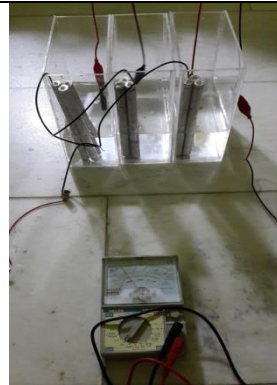


Foto Percobaan Paralel 2 Cel



Percobaan Paralel 3 Cel

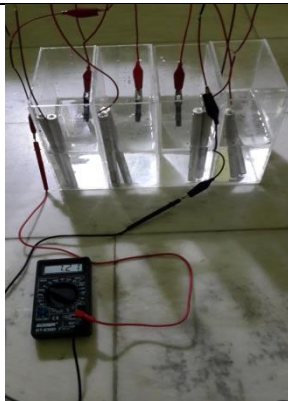
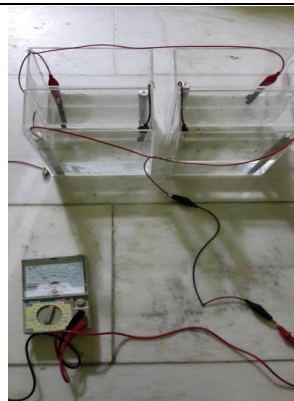
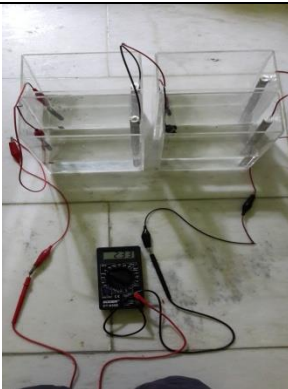


Foto Percoaan Paralel 4 Cel



Percobaan 2 Seri 1 Paralel



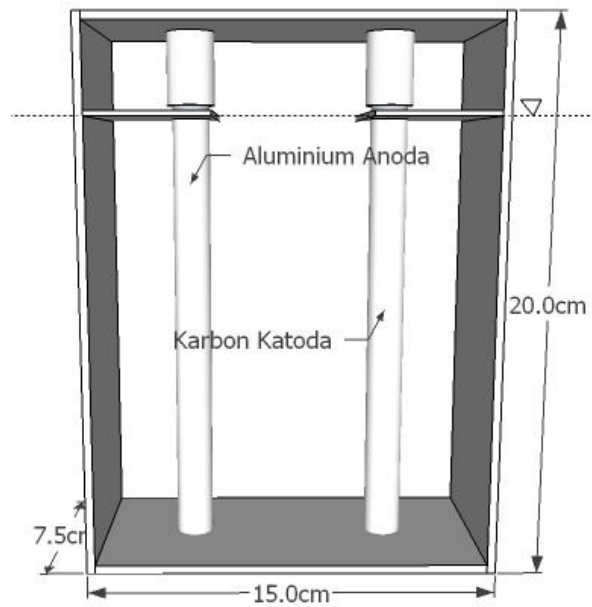
Percobaan 1 Seri 2 Paralel



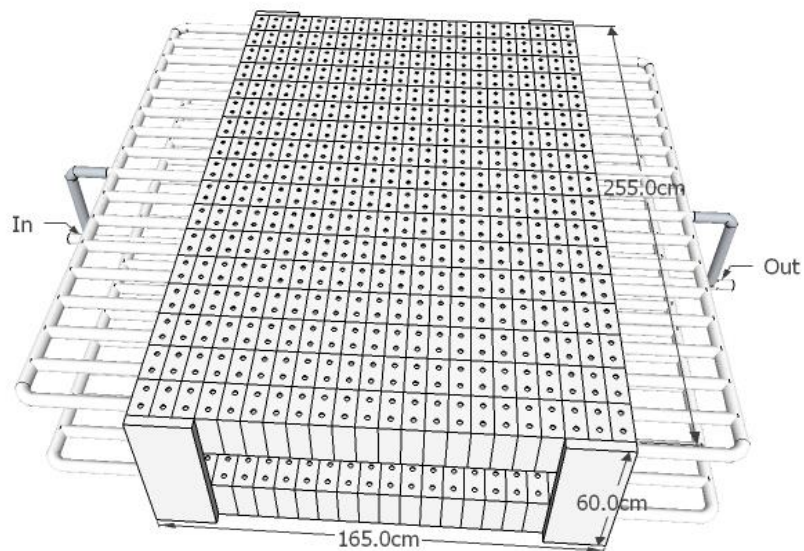
Percobaan 2 Seri 2 Paralel

B. Desain Prototype

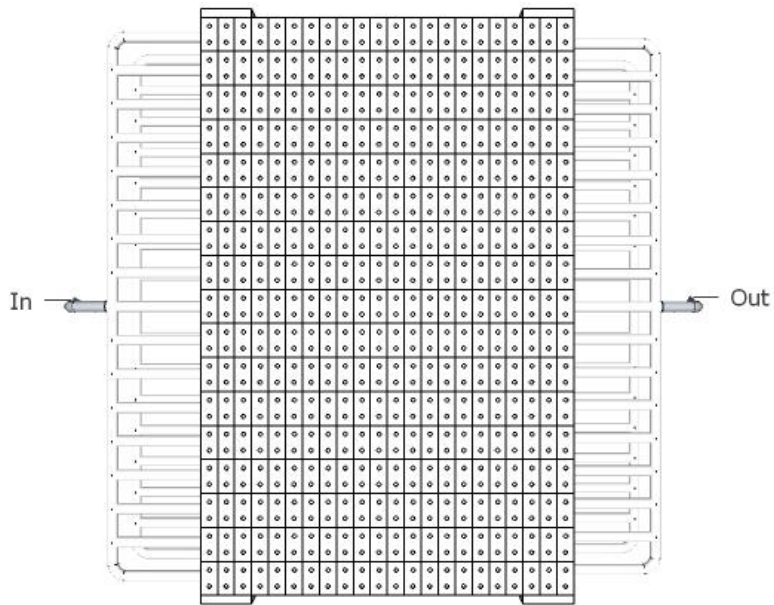
1. Tampak Melintang



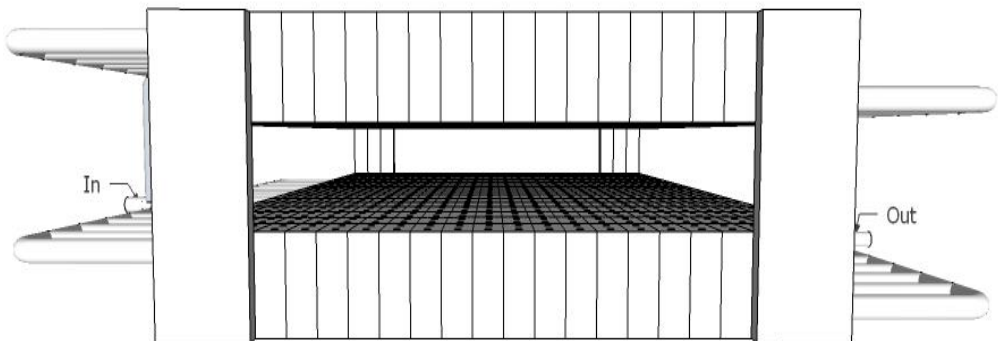
2. Tampak Atas Proporsional



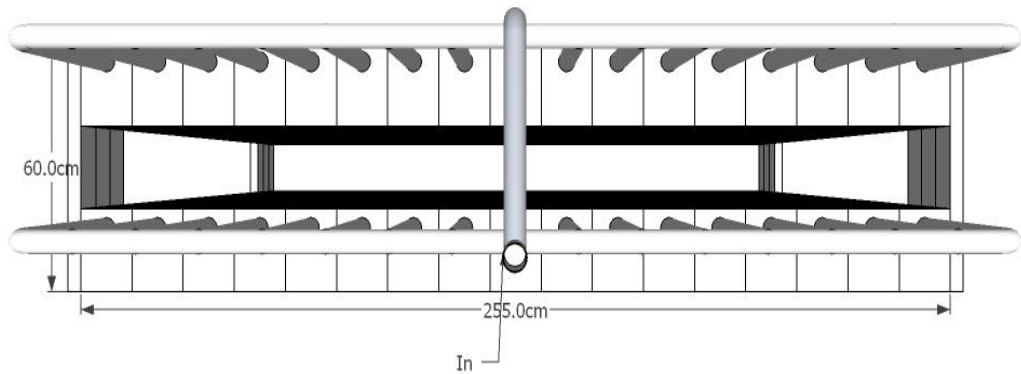
3. Tampak Atas



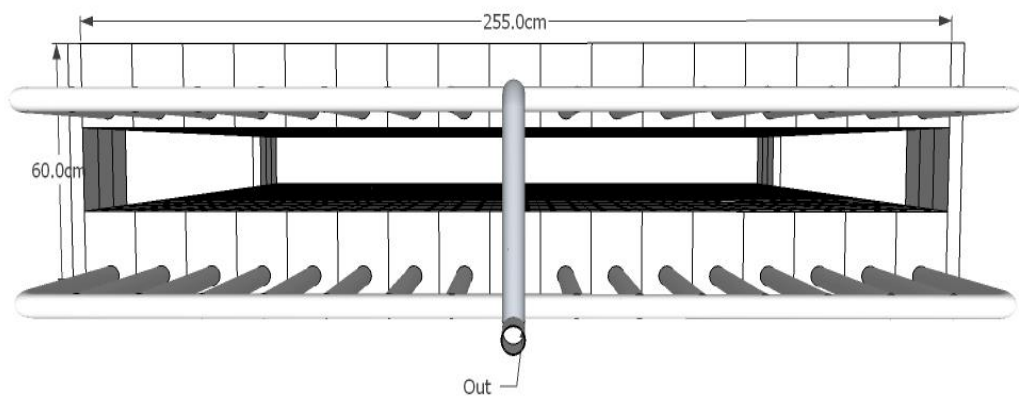
4. Tampak Samping



5. Tampak Depan Sisi Input Air Laut



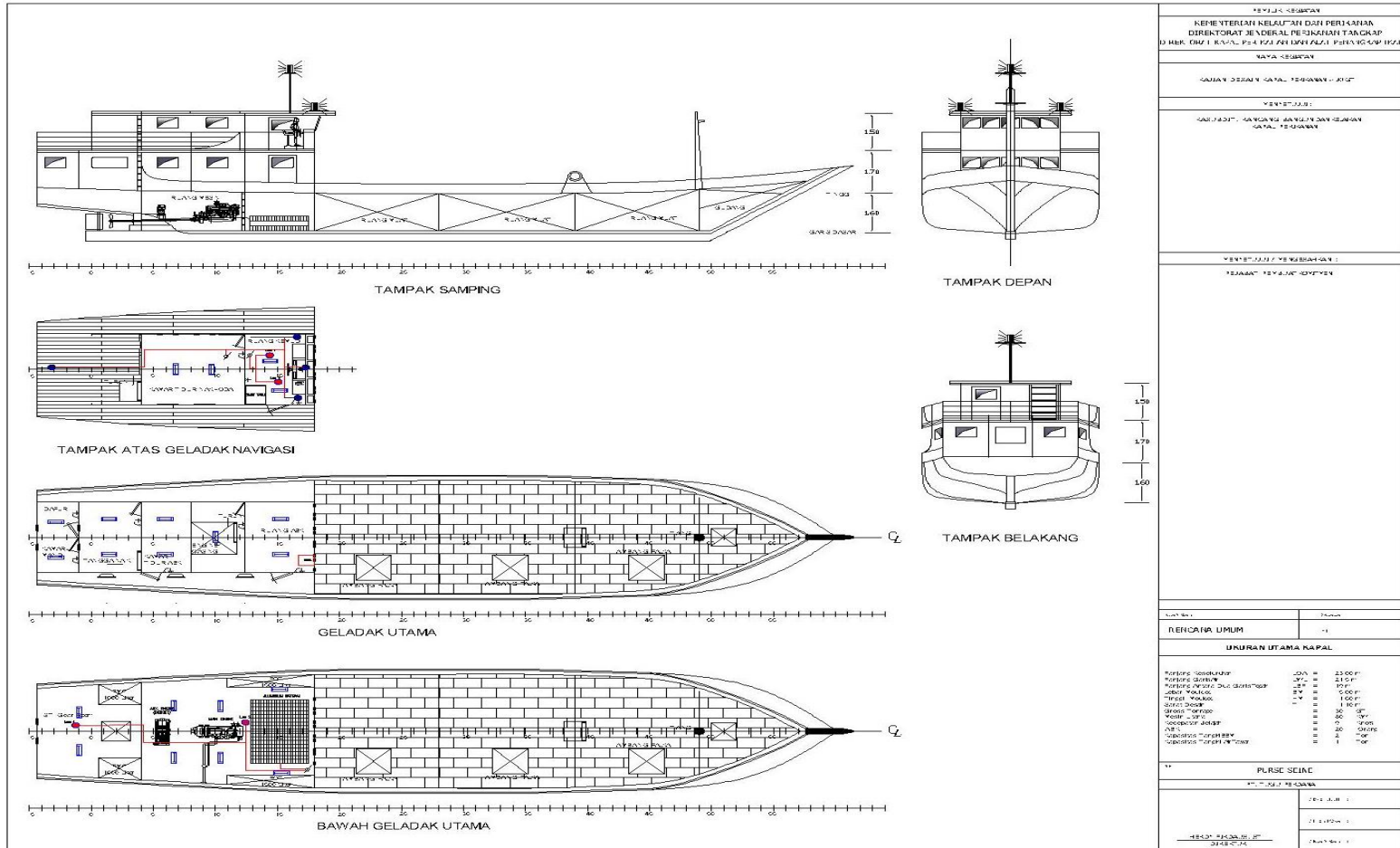
6. Tampak Depan Sisi Output Air Laut



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

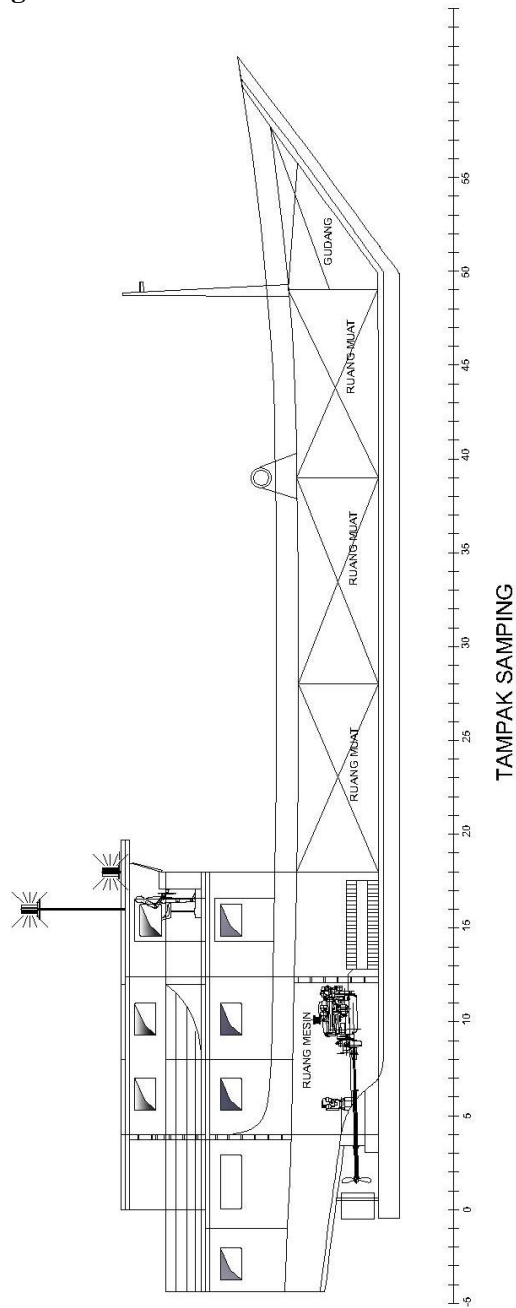
B. Penempatan Di Kapal

1. General Arrangement

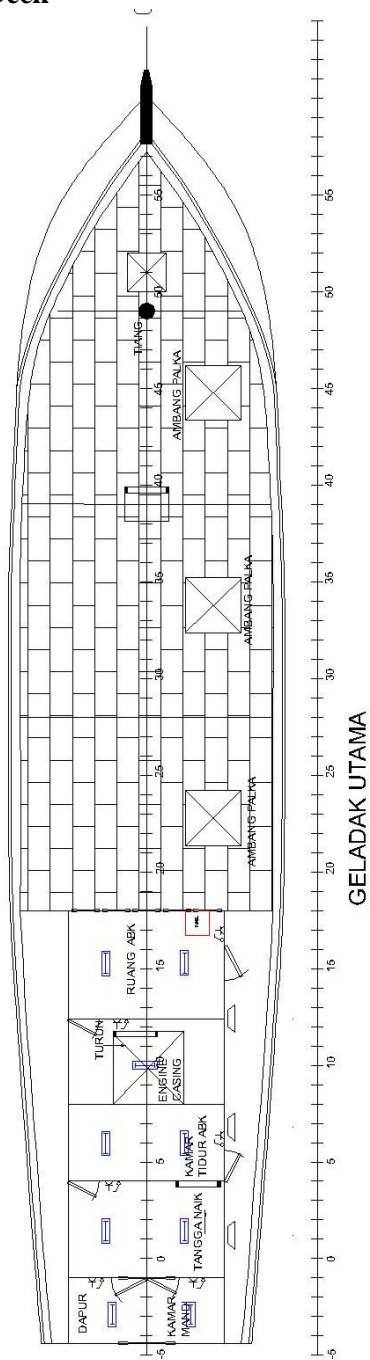


“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

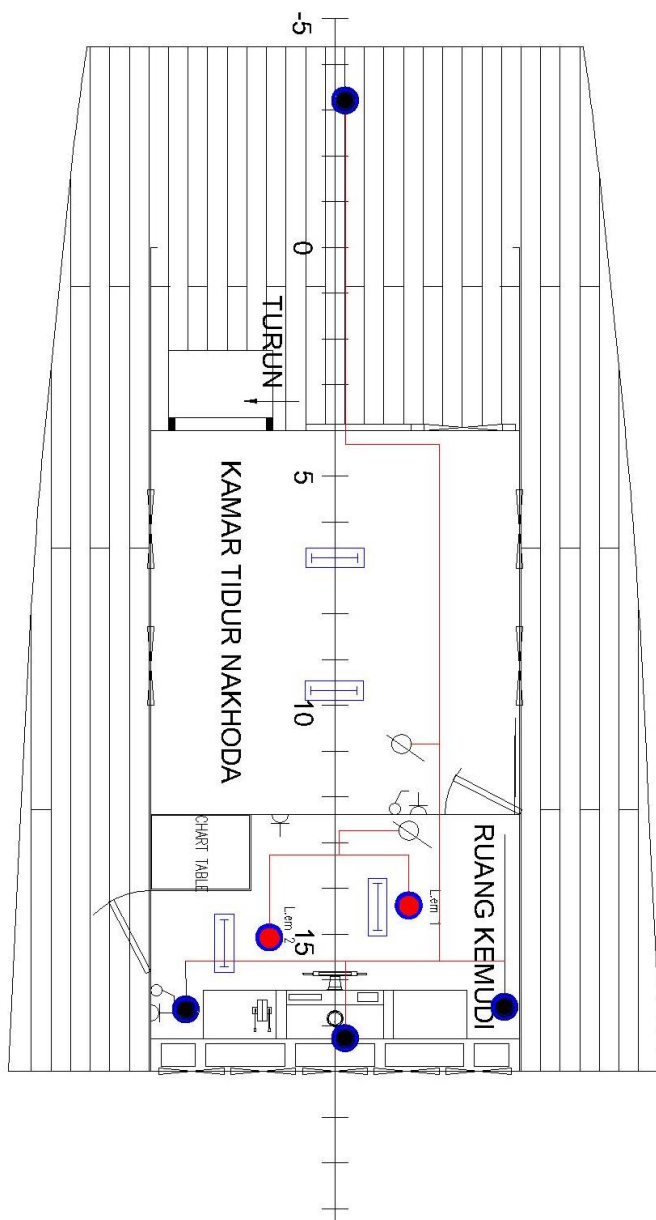
2. Tampak Samping



3. Tampak Atas Main Deck



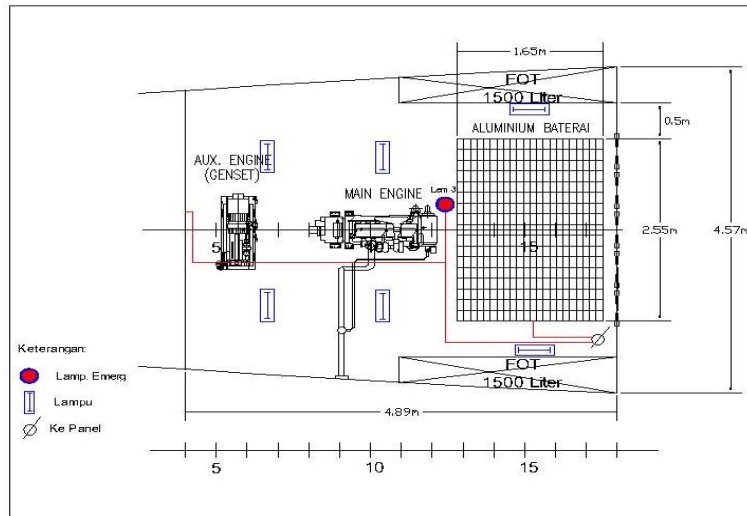
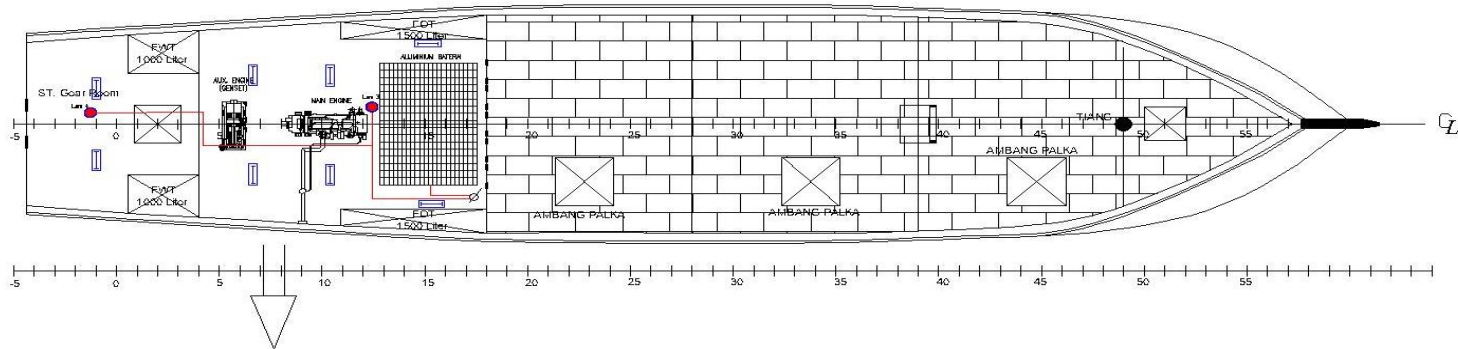
4. Online Diagram Navigation Deck



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

5. Online Diagram Under Main Deck

BAWAH GELADAK UTAMA



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

C. Spesifikasi

1. Lampu Emergency

1-21-050 / Explosion/flame proof signals

GNExB2X15 Xenon Strobe Beacon



The GNExB2X15 is an IECEx & ATEX approved explosion proof 15 Joule Xenon beacon. The robust IP66 corrosion proof GRP enclosure and extended temperature range ensures the GNExB2X15 is suitable for all Zone 1, 2, 21 & 22 hazardous location signalling applications.

The GNExB2X15 beacon produces over 666cd effective - a very high output Xenon strobe flash as required for efficient signalling over greater distances and in high ambient light. The optically enhanced field replaceable colour filter enhances the strobe and is constructed from UV stable PC. The GRP enclosure features a threaded flame path, triple cable entries and a large termination area - all of which significantly reduce installation time.

Features

- Robust, corrosion proof GRP (glass reinforced polyester) enclosure
- Ingress protection IP66
- Automatic synchronisation on multi-beacon systems
- Choice of three flash rates: 1Hz, 1.5Hz and double flash
- User replaceable Xenon tube mechanically secured against shock & vibration
- Glass lens & Stainless Steel guard
- UV stable PC field replaceable lens colour filter
- Stainless steel fixings
- Triple cable entries
- Duplicate cable terminations (in & out for daisy-chain installations)

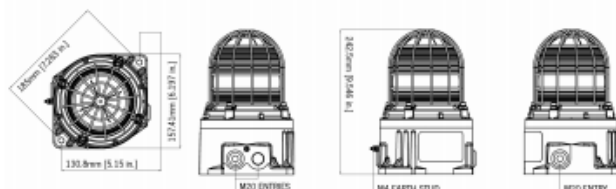
Approvals

- IECEx UUL 15.0003X
IEC 60079-0 : 2011
IEC 60079-1 : 2014
IEC 60079-31 : 2013
- ATEX DEMKO 15ATEX144BX
EN 60079-0 : 2012
EN 60079-1 : 2014
EN 60079-31 : 2014
- TR-CE Ex EAC certificate RU C-GB AA71.B.00109

Coding

- II 2G Ex db IIC Gb TS Ta -50°C to +40°C
- II 2G Ex db IIC Gb T4 Ta -50°C to +70°C
- II 2D Ex tb IIIC Db T120°C Ta -50°C to +70°C





Specification

Energy:	15 Joules (15Ws)
Flash rate:	1Hz (60 fpm), 1.5Hz (90 fpm) & double flash
Peak Candela:	1,500,000 cd - calculated from energy (J)
Eff. Intensity cd:	750 cd - calculated from energy (J)
Peak Candela:	114,654 cd - measured ref to I.E.S
Eff. Intensity cd:	666.92 cd - measured ref to I.E.S
Lens colours:	Amber, Blue, Clear, Green, Magenta, Red & Yellow
Volts DC:	24vdc; 48Vdc
Volts AC:	115Vac; 230Vac
Ingress protection:	IP66
Enclosure mat:	UV stable GFR (glass reinforced polyester)
Colour:	Natural Red - can be provided in alternative colours
Cable entries:	3 x M20 ISO (2 stopping plugs inc.) Adaptors to M25, 1/2" & 3/4" NPT can be specified
Terminals:	0.5 - 2.5mm ² (20-14 AWG)
Enclosure volume:	<2 litres
Line monitoring:	Blocking diode included EOL Min. 500 Ohm 2w, or 3x3 Ohm 0.5w resistor or diode (DC versions) can be fitted
Tube life:	Emissions are reduced to 70% after 8 million flashes
Temperature range:	-50° to +70°C (-58°F to +158°F)
Weight:	3.5kg/7.7lbs
*All candela data is representative of performance with clear lens at optimum voltage	

Example part code: GNEB2X15AC230 [e][m][s][v][n][y]
 GNEB2X15AC230AB1A1R/R
 GNEB2X15 15 Joule Xenon Strobe Beacon, 230V ac,
 3 x M20 entries, Brass stopping plugs,
 A2 304 SS guard, IECEx & ATEX approved,
 Red enclosure, Red lens

Part Codes

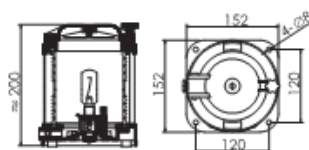
Version:	Part code:
Product type:	GNEB2
Type:	X15 Xenon Beacon - 15 Joule
Voltage:	DC02 4 20-28V dc DC04B 42-54V dc AC115 110-125V ac AC230 220-240V ac
Cable Entry Type [e]	A 3 x M20x1.5mm B 2 x 1/2" NPT - adaptors C 2 x 3/4" NPT - adaptors D 2 x M25x1.5mm - adaptors E 1 x 1/2" NPT - adaptor F 1 x 3/4" NPT - adaptor G 1 x M25x1.5mm - adaptor H 3 x 1/2" NPT - adaptors I 3 x 3/4" NPT - adaptors J 3 x M25x1.5mm - adaptors
Adaptor/Stopping plug material: [m]	B Brass N Nickel Plated S Stainless Steel
Guard material: [s]	1 A2 304 Stainless Steel 2 A4 316 Stainless Steel 3 A2 304 St/St with Equip. Tag 4 A4 316 St/St with Equip. Tag (304)
Product version: [y]	A1 IECEx & ATEX
Enclosure colour: [r]	R Red S Special - contact E2S for alternative enclosure colours
Lens colour: [y]	A Amber B Blue C Clear G Green M Magenta R Red Y Yellow

Current Consumption

Version:	Voltage:	Current:
24V dc	20-28V dc	822 mA
48V dc	42-54V dc	342 mA
115V ac	50/60Hz 110-125V ac	328 mA
230V ac	50/60Hz 220-240V ac	168 mA

2. Lampu Navigasi

CXH-21P 二号全塑单层航行信号灯
NO.2 FULL-PLASTIC NAVIGATION SIGNAL LIGHT



■ 适用范围:

该灯具适用于 12 米或 12 米以上, 50 米以下各受船舶作夜间航行灯信号联络。

■ 产品特点:

1. 灯具安装方便, 灯泡与灯座采用插接式, 打开上盖即可更换灯泡。
2. 灯具底部设有自动滴水孔。
3. 灯具外壳采用高强度工程塑料, 具有水密性好, 耐腐, 抗冲击等特点。
4. 灯具灯罩采用聚碳酸酯制成, 具有抗紫外线, 不变色等特点。
5. 灯具采用符合船舶规范的船用信号灯泡, 平均寿命不低于 700 小时。
6. 环境温度在 $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 的范围内, 灯具均能正常工作。
7. 电缆外径 $\geq 10\text{mm}$ 。

■ 采用标准及产品认证:

1. 符合《1972 年国际海上避碰规则》。
2. 符合国际 IEC60598-1:2008 标准。
3. 符合 IMO MSC.253(83) 决议所要求的性能标准。
4. 符合 GB/T3028-2012 标准。
5. 符合《钢质海船入级规范》。
6. 通过中国船级社 (CCS) 和中国渔检局 (ZY) 型式认可。
7. 通过欧盟 (CE) 认证。

■ The scope of application:

This light fits for the ships with the length 12m or above 12m (<50m) as lamp signal communication when night navigation.

■ Products feature:

1. This lamp can be installed conveniently, light bulbs and lamp holder adopts plug-in, it can replace the bulb after open the up cover.
2. There are automatic leak holes on the bottom of light.
3. The shell adopts high-strength engineering plastic with watertight, good corrosion resistance, impact resistance and other characteristics.
4. The lampshade adopts Poly carbonate material which has the feature of ultraviolet radiation resistance and non-discoloring.
5. The signal lights adopt the signal light's bulb which conform to the ship norm and the average life not less than 700 hours.
6. The signal lights can work normally under the temperature $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$.
7. Cable outside diameter $\geq 10\text{mm}$.

■ Adopt standard and products certification:

1. Conform to INTERNATIONAL REGULATIONS FOR PREVENTING COLLISIONS AT SEA 1972.
2. Conform to international standard of IEC60598-1:2008.
3. Conform to performance standard of requirement about IMO Res.MSC.253(83).
4. Conform to national standard of GB/T3028-2012.
5. Conform to RULES FOR CLASSIFICATION OF SEA-GOING STEELSHIPS.
6. Approved by China Classification Society (CCS) and Type Approval of China Fishery Inspection Bureau. (ZY)
7. Passed the European Union (CE) certification.

名称 Name	型号 Type	可见距离 Visibility	水平光弧 Level arc	灯座 Lamp holder	灯泡 Bulb	灯泡发光强度 Luminous Intensity	防护等级 Protection class	颜色 Color	重量 Weight
右舷灯 Starboard light	CXH1-21P	2n.m	112.5°	BAY15d	24V/25W	40cd	IP68	绿 Green	1.2Kg
左舷灯 Port light	CXH2-21P	2n.m	112.5°					红 Red	1.2Kg
桅灯 Masthead light	CXH3-21P	5n.m	225°					明 Transparent	1.2Kg
尾灯 Stern light	CXH4-21P	2n.m	135°	BAY15d/ B15d	24V/15W	30cd		明、黄 Transparent/Yellow	1.2Kg
环照灯 All-round light	CXH5-21P	2n.m	360°	BAY15d	24V/25W	40cd		红、绿、明、黄 Red/Green Transparent/Yellow	1.0Kg

3. Echosounder

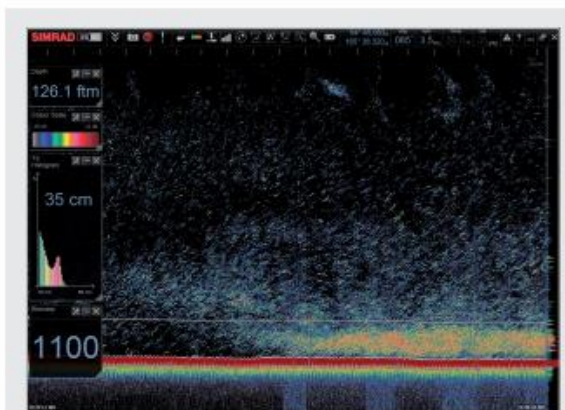


ES80 ECHOSOUNDER

SIMRAD has manufactured fishfinders for more than 70 years and has 25 years of experience using Split beam technology.

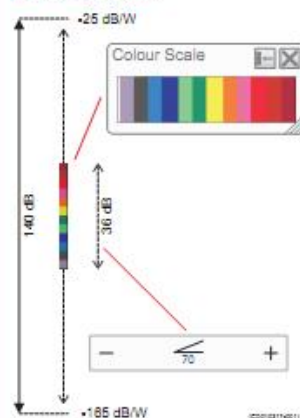
The first Split beam fishfinder, a 38 kHz model, came on the market in 1984, quickly followed by a 70 kHz model. Today, SIMRAD has a wide range of frequencies from 18 kHz, used for detecting deep water species, up to 333 kHz used for measuring plankton. The Simrad ES80 is the fifth generation Split beam fishfinder where the latest in computer and signal processing technology is used to satisfy the increasing need from our demanding customers: "Top performance at any depth and easy to operate".

The ES80 is a wideband echosounder able to operate at a frequency range of 10-800 kHz. With a suitable broadband transducer, the ES80 can sweep (chirp) in a range of frequencies giving increased resolution on longer range. Also, the ES80 will have a TS response curve making it easier to determine the species you are looking at.



The ES80 delivers unprecedented resolution on all ranges. This example underlines the statement, details make the difference and give the user much more information to take the correct decision. Both economically and environmentally.

DID YOU KNOW...?



The ES80 echosounder has a dynamic range of 140 dB. This means that the sounder can receive both very strong and very weak echoes. Actually, the ES80 will detect echoes from plankton to whales, bottom on most depths, and present the information free from distortion.

Naturally, we cannot present all these echoes on the display simultaneously, as this would create a mess of colours. So we create a 36 dB section and give each colour a 3 dB (12 colours) or 0,5 dB strength (64 colours).

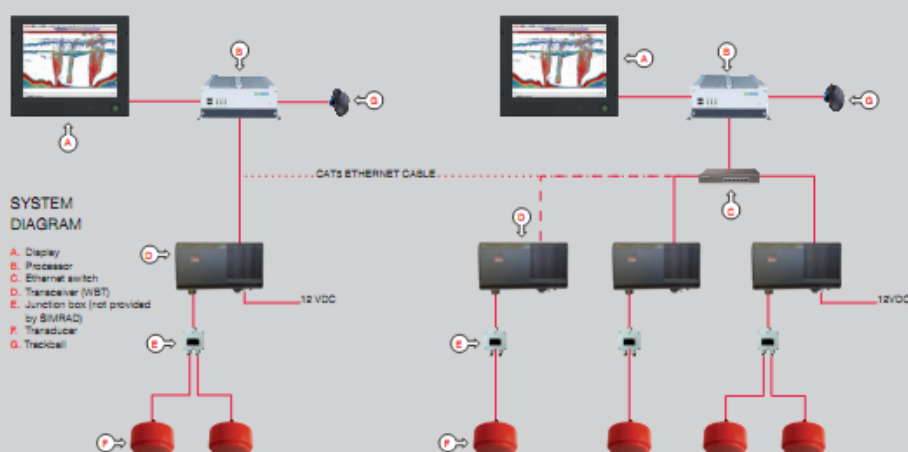
The colour range goes from grey to brown. Grey is used for the weakest echoes, while the strongest echoes are brown. All echoes stronger than brown will still be brown, while echoes weaker than grey will not be shown.

As a comparison, our old echosounders ES380 and ET100 had -using analogue TVG- a dynamic range corresponding to approximately 65 dB. The old paper sounders had a dynamic range of 12 dB in their printouts using the "colours" from light grey to black.

The dynamic range in the ES80 colour presentation is thus a lot larger; 24 dB or 250 times.

ECHOSOUNDERS SPECIFICATIONS

ES80 SINGLE BEAM		ES80 SPLIT BEAM	
Operational frequency transceiver	10-500 kHz		
Operational mode	Active, Passive		
Transmit mode	CW, Chirp		
Pulse duration (depends on frequency)	84-16384 μ s		
Split beam capability	Yes		
Max. number of channels per transceiver	4		
DC voltage	12V		
AC voltage	100-240V		
Average power consumption active	20 W		
Power consumption inactive	4 W		
Requires processing unit during operation	Yes		
Ethernet interface	Yes		
Data Format	RAW (Complex)		
Built-in multiplexer	No		
TRANSCIVER UNIT			
Voltage	12 VDC		
Consumption	100 W		
Interface Input	Navigation, Motion sensor, Annotation, TX synchronization and Temperature		
Interface Output	Survey Line, Remote power and TX synchronization		
Ethernet interface	One		
SOFTWARE OPTIONS			
Biomass	Optional	Included	
Fish sizing	N/A	Included	
Bottom hardness	Optional		
FM Transmission	N/A	Optional	



Note! In Split Beam configuration only one transducer can be connected to the WBT

4. GPS

JLR-21

– advanced technology

Display modes

The JLR-21 incorporates many display modes readily available on a highly visible 5.7 inch LCD display. The display is fully dimmable and the keys are also backlit, making it easy to operate in low-light settings on the bridge.

Simple operation

The compact design of the JLR-21 incorporates an intuitive interface, providing enhanced ergonomics and user friendliness. The logic of the controls and excellent on-screen menus will greatly shorten most users' learning period.



Antenna design

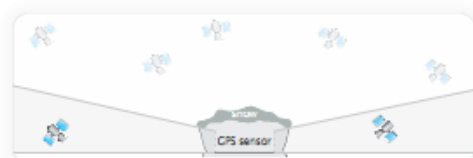
The processor is built into the antenna. Eliminating alignment between antenna and processor found in separate systems, therefore contributing to an easy setup with less error and significantly reduced installation time. This concept also reduces the installation costs as only a single cable is used between antenna and display unit.

The outer shell of JRC's new antenna system has a smooth surface. This slippery exterior makes it almost impossible for birds to perch on the domes or for the antennas to be completely covered in snow.

Should something interfere with the coverage, JRC's proven antenna design incorporates a layer of air that reduces possible blind spots, allowing for a more precise heading than conventional systems.



- JRC proven high performance antenna design



- Conventional antenna system



NNN-21

Installation and maintenance

The JLR-21 display is compactly designed and can be mounted virtually anywhere. The three-antenna system is exclusively designed by JRC, making it far more reliable than conventional antenna systems. The system has a short start-up time (less than 2 minutes). Maintenance is not required, making it less expensive to maintain than a standard gyro system.



Remote Maintenance System (RMS)

JRC has the ability to cost-effectively monitor performance and functionality of the JLR-21 while at sea, significantly reducing downtime and maintenance costs.

More at <http://www.jrc.co.jp/eng/product/marine/rms/index.html>

ormance and features

JLR-21

– specifications

Name		GPS Compass/GPS Navigator
Model		JLR-21
IMO approved (THD)		✓
IMO approved (GPS)		✓
Sensor		
	Model	NNN-21
	Receiver Type	Multi channel all-in-view (12ch + 1ch SBAS)
	Frequency	1575.42MHz ± 1MHz (C/A code)
	Direction accuracy	0.5° rms
	Rolling accuracy	0.5° rms
	Pitching accuracy	0.5° rms
	Heaving accuracy	20cm rms
	Display resolution	0.1°
	Resolution output	0.1° or 0.01° (selectable)
	Tracking Rate of Turn	45° / sec
	Tracking acceleration	1G
	Start-up time	less than 2 minutes (warm start fix, typically 30 seconds)
	DGPS input	RTCM SC-104 Ver.2.0 Type 1, 2, 9, 16
	SBAS receiver	Built-in (MSAS/WAAS/EGNOS)
	RAIM function	Built-in
	Position accuracy	GPS: 12m 2drms (C/A code, HDOP ≤ 4, SA OFF) SBAS: 6m 2drms when SBAS corrected DGPS: 4m 2drms when DGPS corrected (when connected to beacon receiver)
	Protection	IPX6
	Ambient conditions	-25 to +55°C (operational) -25 to +70°C (storage)
Display		
	Model	NWZ-4701
	Display	5.7-inch LCD, 320 by 240 pixels
	Display modes	Compass rose, bow heading, navigation, rate of turn (ROT), water/ground speed, trend graph, calculation, GPS status
	Direction & nav. data output 1)	IEC61162/NSK(shared) 5 ports (AD-10 output available: 2 of 5 ports) IEC61162 output: HDT, THS, ROT, ZDA, GGA, VTG, RMC, GBS, DTM, GSA, GSV, GNS, MSS, GST, GLL, ALR, ATT, HVE
	Current data input	1 port (CUR, VBW)
	Alarm contact signal	2 ports (alarm output) 1 port (ACK input)
	LOG pulse	1 port (off, 200p/NM, 400p/NM)
	Protection	IPX4
	Ambient conditions	-15 to +55°C (operational) -25 to +70°C (storage)
Power		12 to 24V DC (-10% to +30%)
Power consumption		12W (including sensor), 6W (excluding sensor)
Vibration/EMC		IEC60945 ed4
Options		
	Rectifier	NBG-320
	Data cable (for serial data)	CFQ-5374 (3m), CFQ-5374-15 (15m)
	Data cable (for contact signal)	CFQ-5404 (3m), CFQ-5404-15 (15m)
	Extension cable (sensor-display)	CFQ-7249 (20m), CFQ-7249-10 (10m)
	Junction box	NQE-7720
	Data cable (for sub display)	CFQ-7251 (1.5m Y-cable)
	Data cable (for JRC Radar 2)	CFQ-5469 (10m)
	Mount base (for NNN-21)	MPBX44117

1) Selectable sentences depend on versions (NMEA 1.5, 2.1, 2.3). Some combinations of output sentence, bit rate, and output intervals may not be possible.

ATT and HVE sentence can be set from output cycles of 25ms, 100ms, 200ms, 1s, 2s only.

2) Accepted for JMA-3300/S100/S200/S200MK2/S300/S300MK2 series.

* Specifications may be subject to change without notice.

For further information, contact:



Since 1915

Japan Radio Co., Ltd.

URL <http://www.jrc.co.jp/eng/>

Main Office: Fujisawa bldg. 30-16, Ogikubo 4-chome
Suginami-ku, Tokyo 167-8540, Japan
Telephone: +81-3-6832-1816
Facsimile: +81-3-6832-1845

Overseas Branches: Seattle, Amsterdam, Athens, Manila
Liaison Offices: Taipei, Jakarta, Singapore, Hanoi,
Shanghai, Hamburg, New York

2011.7

ISO9001, ISO14001 Certified

© 2011.7

2011.7

CAT.No. Y3-148 (Ver.509-1-01) Printed in Japan

5. Radio Komunikasi

INTRODUCTION

This service manual describes the latest service information for the IC-718 HF TRANCEIVER at the time of publication.

To upgrade quality, all electrical or mechanical parts and internal circuits are subject to change without notice or obligation.

MODEL	VERSION	SYMBOL
IC-718	U.S.A.	USA
	Europe	EUR
	Italy	ITA
	France	FRA
	Spain	ESP
	Other	OTH
	Korea	KOR
	U.S.A.	USA-1

DANGER

NEVER connect the transceiver to an AC outlet or to a DC power supply that uses more than 16 V. This will ruin the transceiver.

DO NOT expose the transceiver to rain, snow or any liquids.

DO NOT reverse the polarities of the power supply when connecting the transceiver.

DO NOT apply an RF signal of more than 20 dBm (100 mW) to the antenna connector. This could damage the transceiver's front end.



ORDERING PARTS

Be sure to include the following four points when ordering replacement parts:

1. 10-digit order numbers
2. Component part number and name
3. Equipment model name and unit name
4. Quantity required

<SAMPLE ORDER>

1110001810 S.I.C. TA7388F IC-718 MAIN UNIT 1 piece
8810009650 Screw FH BT M3 x 6 Ni-ZN IC-718 CHASSIS 8 pieces

Addresses are provided on the inside back cover for your convenience.

REPAIR NOTES

1. Make sure a problem is internal before disassembling the transceiver.
2. **DO NOT** open the transceiver until the transceiver is disconnected from its power source.
3. **DO NOT** force any of the variable components. Turn them slowly and smoothly.
4. **DO NOT** short any circuits or electronic parts. An insulated tuning tool **MUST** be used for all adjustments.
5. **DO NOT** keep power ON for a long time when the transceiver is defective.
6. **DO NOT** transmit power into a signal generator or a sweep generator.
7. **ALWAYS** connect a 50 dB or 60 dB attenuator between the transceiver and a deviation meter or spectrum analyser when using such test equipment.
8. **READ** the instructions of test equipment thoroughly before connecting equipment to the transceiver.

SECTION 1 SPECIFICATIONS

■ GENERAL

- Frequency coverage :

Receive	0.030–29.999999 MHz**	
Transmit	1.800–1.999 MHz**	3.500–3.999 MHz**
	7.000–7.300 MHz	10.100–10.150 MHz
	14.000–14.350 MHz	18.068–18.168 MHz
	21.000–21.450 MHz	24.890–24.990 MHz
	28.000–29.700 MHz	
- ** Guaranteed range: 0.5–29.999999 MHz.
 ** Varies according to version.
- Mode : USB, LSB, CW, AM, RTTY (FSK)
- No. of memory Ch. : 101 (99 regular, 2 scan edges)
- Freq. resolution : 1 Hz
- Frequency stability : Less than ± 200 Hz from 1 min. to 60 min. after power ON. After that rate of stability less than ± 30 Hz/hr at $+25^{\circ}\text{C}$ ($+77^{\circ}\text{F}$). Temperature fluctuations 0°C to 50°C ($+32^{\circ}\text{F}$ to $+122^{\circ}\text{F}$) less than ± 350 Hz.
- Power supply requirement: 13.8 V DC $\pm 15\%$ (negative ground)
- Current consumption :

Transmit	max. power	20.0 A
Receive	stand-by	1.3 A
	max. audio	2.0 A
- Usable temp. range : -10°C to $+60^{\circ}\text{C}$ (14°F to 140°F)
- Antenna connector : SO-239 (50 Ω)
- Dimensions : 240 (W) \times 95 (H) \times 239 (D) mm (projection not included)
9 7/8 (W) \times 3 3/4 (H) \times 9 1/2 (D) in
- Weight : 3.8 kg (8 lb 6 oz)
- ACC connector : 13-pin
- REMOTE connector : 2-conductor 3.5 (d) mm ($1/8$ ")

■ TRANSMITTER

- Modulation system :

SSB	Balanced modulation
AM	Low level modulation
- Output power :

SSB/CW/RTTY/FM	2–100 W
AM	2–40 W
- Spurious emission : Less than -50 dB below peak output power
 - * spurious frequency : below 30 MHz: -50 dB,
above 30 MHz: -80 dB
- Carrier suppression : More than 40 dB
- Unwanted sideband suppression: More than 50 dB
- Mic. connector : 8-pin connector (600 Ω)
- KEY connector : 3-conductor 6.5 (d) mm ($1/4$ ")
- SEND connector : Phono (RCA)
- ALC connector : Phono (RCA)

■ RECEIVER

- Receive system : Double-conversion superheterodyne
- Sensitivity (10 dB SIN) :

SSB, CW, RTTY	0.16 μV ** (1.8–29.999999 MHz)
AM	13 μV (0.5–1.799999 MHz)
	2.0 μV ** (1.8–29.999999 MHz)
- ** Pre-amp 1 ON
- Squelch sensitivity : Less than 5.6 μV (SSB)
- Selectivity :

SSB, CW, RTTY	More than 2.1 kHz/–6 dB
	Less than 4.5 kHz/–60 dB
AM	More than 6.0 kHz/–6 dB
	Less than 20.0 kHz/–40 dB
- Spurious and Image rejection ratio:

	More than 70 dB
	(1.8–29.999999 MHz)
- Audio output power (at 13.8 V DC) : More than 2.0 W at 10 % distortion with an 8 Ω load
- RIT variable range : ± 1200 Hz
- PHONES connector : 3-conductor 6.5 (d) mm ($1/4$ ")
- EXT SP connector : 2-conductor 3.5 (d) mm ($1/8$ ") 8 Ω

All stated specifications are subject to change without notice or obligation.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Zakaria. Lahir di Lumajang, 22 April 1993. Seorang anak dari pasangan Bapak Burhan dan Ibu Zahro dan anak kelima dari lima bersaudara. Selama ini penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Muslimat Nu 05 Lumajang, SD Negeri Ditotrunan 01 Lumajang pada tahun 2000 s.d 2006, kemudian melanjutkan sekolah di SMP Negeri 1 Lumajang pada tahun 2006 s.d 2009, setelah lulus dari SMP kemudian melanjutkan sekolah di SMA Negeri 1 Lumajang pada tahun 2009 s.d 2012. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Penulis mengambil skripsi di bidang *Marine Electrical and Automation System* (MEAS). Selama dalam perkuliahan penulis aktif mengikuti organisasi Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ) Al Mi'raj Teknik Sistem Perkapalan. Penulis juga aktif di Lab MEAS (*Marine Electical and Automation System*) dengan menjadi *grader* praktikum pemeriksaan alat listrik. Pengalaman kerja praktek yang pernah dilakukan penulis adalah di PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari Jakarta (Persero) dan PT. Tambangan Raya Permai.